



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

**ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA MECÁNICA Y
ELÉCTRICA**

**SECCIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN
UNIDAD ADOLFO LÓPEZ MATEOS "ZACATENCO"**

TESIS

**"DISEÑO DE UN SISTEMA DE RECUPERACIÓN DE POLÍMEROS DE
DESPERDICIO"**

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:
MAESTRO EN CIENCIAS EN INGENIERÍA MECÁNICA**

PRESENTA:
ING. ORLANDO BARRIOS CHÁVEZ

DIRECTORES:
DR. GUILLERMO URRIOLAGOITIA SOSA
Y
DRA. BEATRIZ ROMERO ÁNGELES

CIUDAD DE MÉXICO 2022



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

ACTA DE REVISIÓN DE TESIS

En la Ciudad de México siendo las 19:00 horas del día 12 del mes de Diciembre del 2022 se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de la Tesis, designada por el Colegio de Profesores de Posgrado de: ESIME-ZACATENCO para examinar la tesis titulada:

DISEÑO DE UN SISTEMA DE RECUPERACIÓN DE POLÍMEROS DE DESPERDICIO del (la) alumno (a):

Apellido Paterno:	Barrios	Apellido Materno:	Chávez	Nombre (s):	Orlando
-------------------	---------	-------------------	--------	-------------	---------

Número de registro: B 1 8 0 6 8 5
Aspirante del Programa Académico de Posgrado: Maestría en Ciencias en Ingeniería Mecánica

Una vez que se realizó un análisis de similitud de texto, utilizando el software antiplagio, se encontró que el trabajo de tesis tiene 5% de similitud. **Se adjunta reporte de software utilizado.**

Después que esta Comisión revisó exhaustivamente el contenido, estructura, intención y ubicación de los textos de la tesis identificados como coincidentes con otros documentos, concluyó que en el presente trabajo SI NO SE CONSTITUYE UN POSIBLE PLAGIO.

JUSTIFICACIÓN DE LA CONCLUSIÓN:

El resultado del análisis de Turnitin mostro un 5% de similitud de coincidencia, Estas coincidencias son palabras utilizadas comúnmente en publicaciones con temas similares. El trabajo de tesis cumple con el Artículo 33 del Reglamento de Estudios de Posgrado la responsabilidad de la similitud es del alumno.

****Es responsabilidad del alumno como autor de la tesis la verificación antiplagio.**


Finalmente, y posterior a la lectura, revisión individual, así como el análisis e intercambio de opiniones, los miembros de la Comisión manifestaron APROBAR SUSPENDER NO APROBAR la tesis por UNANIMIDAD o MAYORÍA en virtud de los motivos siguientes:

Se cuenta con la tesis culminada por lo que podrá realizar el examen de grado.

COMISIÓN REVISORA DE TESIS



Dr. Guillermo Urriolagoitia Sosa
Director de Tesis



Dr. Guillermo Manuel Urriolagoitia Calderón




Dr. Alexandre Michtchenko


SECCION DE ESTUDIOS DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO
PRESIDENTE DEL COLEGIO DE PROFESORES



Dra. Beatriz Romero Ángeles
2° Director de Tesis



Dr. Jacobo Martínez Reyes



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

SECRETARÍA DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO

CARTA DE AUTORIZACIÓN DE USO DE OBRA PARA DIFUSIÓN

En la Ciudad de México el día 12 del mes de diciembre del año 2022, el (la) que suscribe Orlando Barrios Chávez alumno(a) del programa Maestría en Ciencias en Ingeniería Mecánica con número de registro B180685, adscrito(a) a SEPI-ESIME ZACATENCO manifiesta que es autor(a) intelectual del presente trabajo de tesis bajo la dirección de Dr. Guillermo Urriolagoita Sosa y Dra. Beatriz Romero Ángeles cede los derechos del trabajo intitulado DISEÑO DE UN SISTEMA DE RECUPERACIÓN DE POLÍMEROS DE DESPERDICIO, al Instituto Politécnico Nacional, para su difusión con fines académicos y de investigación.

Los usuarios de la información no deben reproducir el contenido textual, gráficas o datos del trabajo sin el permiso expresado del autor y/o director(es). Este puede ser obtenido escribiendo a las siguiente(s) dirección(es) de correo. obarriosc1800@alumno.ipn.mx. Si el permiso se otorga, al usuario deberá dar agradecimiento correspondiente y citar la fuente de este.

Orlando Barrios Chávez

ÍNDICE DE TABLAS	
ÍNDICE DE FIGURAS	
I. RESUMEN	
II. ABSTRACT	
III. INTRODUCCIÓN	
IV. OBJETIVO GENERAL	
V. OBJETIVOS PARTICULARES	
VI. JUSTIFICACIÓN	
CAPÍTULO I (ESTADO DEL ARTE)	1
I.1.- Introducción	2
I.2.- Breve reseña histórica sobre los materiales	2
I.3.- Breve reseña histórica sobre el polietileno	4
I.4.- Breve relato histórico sobre los sistemas y los procesos	6
I.5.- Planteamiento del problema	20
I.6.- Sumario	20
I.7.- Referencias	21
CAPÍTULO II (Base de diagnóstico que impulsa las propuestas de solución)	26
II.1.- Introducción	27
II.2.- Base de datos para la investigación	28
II.3.- El alcance de la presente investigación es doble	36
II.4.- Residuos plásticos a nivel mundial	36
II.5.- Política pública de la gestión de los residuos en México	44
II.6.- Regulación de los residuos plásticos	44
II.6.1.- Legislación aplicable	45
II.6.2.- Problemáticas con los residuos en México	47
II.6.3.- Problemas que enfrenta México	48
II.7.- Sumario	51
II.8.- Referencias	52
CAPÍTULO III (DISEÑO DE LAS MÁQUINAS; TRITURADORA Y EXTRUSORA)	54
III.1.- Introducción	55
III.2.-Diseño de la trituradora	55
III.3.- Descripción y alcance de la trituradora	56
III.3.1.- Antecedente del diseño de la trituradora	56
III.3.2.- Factores de diseño	56
III.4.- Proceso para el diseño de la trituradora	57
III.5.- Propuesta para el diseño mecánico de la trituradora	57
III.5.1.- Propuesta de la cuchilla para triturar	58
III.5.2.-Diseño del eje	58
III.5.2.1.- Desarrollo del trabajo analítico con respecto al momento para diseño del eje...	59
III.5.2.2.- Análisis numérico del eje	63
III.6.- Selección del cojinete	66
III.7.- Motor	67
III.8.-Poleas y banda	67
III.9.- Carcasa	69
III.10.- Funcionamiento de la máquina trituradora	70
III.11.- Diseño de la maquina extrusora	73
III.12.- Especificaciones de la máquina extrusora	73

III.12.1.-Componetes de la extrusora	73
III.13.1.- Relación L/D	74
III.13.2.- Funcionamiento de la extrusora	75
III.13.2.1.-Transporte de sólidos en la tolva	75
III.13.2.2.- Transporte de sólidos en cilindro	76
III.13.3.1.- Ecuaciones de velocidad	76
III.14.- Tornillo sin fin	76
III.14.1.- Criterio del diseño de engranes sin fin	77
III.15.- Conclusión de la máquina extrusora	77
III.16.- Conclusión de la máquina trituradora	77
III.17.- Sumario	77
III.18.- Referencias	79
CAPÍTULO IV (MANUFACTURA; DE LAS MÁQUINASTRITURADORA Y EXTRUSORA)	80
IV.1.- Introducción	81
IV.1.1-Proceso de fabricación para ambas máquinas (trituradora y extrusora)	81
IV.2.- A continuación, se muestran; el proceso de manufactura que arroja la fabricación de la máquina, así como la producción de la hojuela en la maquina trituradora y sus procesos del PEAD en ella	82
IV.3.- Procesos de Manufactura de los componentes de la maquina trituradora presentados en diagramas de flujo	86
IV.4.- A continuación, se muestran; el proceso de manufactura que arroja la fabricación de la máquina extrusora, así como la producción de la barra redonda en esta máquina y sus procesos del PEAD en ella.	99
IV.5.- Procesos de Manufactura de los componentes de la maquina extrusora presentados en diagramas de flujo.	103
IV.6.- Algunas consideraciones e instructivo del uso de las maquinas	110
IV.7.- Sumario	110
IV.8.- Referencias	110
CAPITULO V (Costos y evaluación de operación; Con base a su rentabilidad económica)	111
V.1.- Introducción	112
V.1.1.-Catálogo de conceptos	112
V.2.-Costos de fabricación de la maquina por piezas/parte Trituradora	112
V.2.1.- Costos de fabricación del Eje	115
V.3.-Costo Total de fabricación de la maquina Trituradora	121
V.4.-Costos de fabricación de la maquina por piezas/parte Extrusora	127
V.5.-Costos Total de fabricación de la maquina Extrusora	132
V.6.-Costos Total de fabricación de ambas maquinas	135
V.7.-Costos y tiempos de la de producción de ambas maquinas	137
V.8.-Sumario	165
V.9.-REFERENCIAS	167
VII.- CONCLUSIONES	
VIII. TRABAJOS FUTUROS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla II.1.- Propiedades para desarrollar en Diseño Mecánico	28
Tabla II.2.- Relación de empresas que trabajan con polietileno de alta densidad	30
Tabla II.3.- Lista de plásticos que más se utiliza en nuestra día a día	37
Tabla II.4.- Generación de residuos plásticos por sector industrial	42
Tabla II.5.- Política de Prohibición de plásticos	46
Tabla III.1.- Breve explicación de la trituradora	56
Tabla III.2.- Criterio de selección por espacio disponible según el eje	66
Tabla III.3.- Tabla de los datos del motor seleccionado	67
Tabla III.4.- Se muestran los componentes de la trituradora	71
Tabla III.5.- Componentes de la extrusora	73
Tabla IV.1.- Fabricación maquina trituradora, producción de la en la máquina trituradora y procesos del PEAD en la maquina trituradora.	82
Tabla IV.2.- Fabricación de las partes y elementos de la maquina extrusora, producción del PEAD en la máquina extrusora e indicación de sus procesos productivos del PEAD en esta máquina.	99
Tabla V.1.- Costos de fabricación de la tolva de alimentación	113
Tabla V.2.- Costos de fabricación del alineador	113
Tabla V.3.- Costos de fabricación de la cuchilla	114
Tabla V.4.- <i>Se muestra la velocidad de corte de algunos materiales; según fuente de datos: (metalmecánica fácil, 2016)</i>	115
Tabla V.5.- Costos manufactura del eje	117
Tabla V.6.- Costos de fabricación de los limites	117
Tabla V.7.- Costos de fabricación del tamiz por su suministro	118
Tabla V.8.- Costos de fabricación de la caja de trituración	118
Tabla V.9.- Costos de fabricación de las chumaceras por su suministro	119
Tabla V.10.- Costos de fabricación de las poleas por su suministro	119
Tabla V.11.- Costos de fabricación de la Banda por su suministro	119
Tabla V.12.- Costos de fabricación de la Tolva de salida	120
Tabla V.13.- Costos de fabricación de la estructura	120
Tabla V.14.- Costos de fabricación del Motor por su suministro	121
Tabla V.15.- Sumatoria del costo total de los elementos, componentes o piezas de la trituradora.	121
Tabla V.16.- Costo total de los elementos, componentes o piezas de la trituradora ordenados de menor a mayor costo.	122
Tabla V.17.- Costo total de los elementos, componentes o piezas de la trituradora ordenados de mayor a menor costo.	124
Tabla V.18.- Costo total de los elementos, componentes o piezas de la trituradora ordenados de menor a mayor tiempo.	125
Tabla V.19.- Costo total de los elementos, componentes o piezas de la trituradora ordenados de mayor a menor tiempo.	126
Tabla V.20.- Costos de fabricación de la tolva de alimentación	127
Tabla V.21.- Costos de fabricación del husillo	127
Tabla V.22.- Costos de fabricación del Cilindro	128
Tabla V.23.- Costos de fabricación de la Boquilla	128
Tabla V.24.- Costos de fabricación de las Poleas	129
Tabla V.25.- Costos de fabricación de la Caja de baleros por su suministro	129
Tabla V.26.- Costos de fabricación de la Correa por su suministro	130

ÍNDICE

Tabla V.27.- Costos de fabricación de la Resistencia Eléctrica por su suministro	130
Tabla V.28.- Costos de fabricación de la Estructura	130
Tabla V.29.- Costos de fabricación del Motor por su suministro	131
Tabla V.30.- Costos Total de fabricación de la maquina Extrusora	131
Tabla V.31.- Costo total de manufactura del elemento extrusora ordenado de menor a mayor	132
Tabla V.32.- Tiempo total de manufactura del elemento extrusora ordenado de menor a mayor	134
Tabla V.33.- Tiempo total de manufactura del elemento extrusora ordenado de mayor a menor	134
Tabla V.34.- Abreviación de los elementos con sus respectivos costos	135
Tabla V.35.- Se muestra la numeración que se otorga por elemento de la trituradora	138
Tabla V.36.- Se muestran los procesos	139
Tabla V.37.- Costos de la manufactura y partes de la trituradora ordenada de mayor a menor	142
TablaV.38.- Se muestra el número de otorgado por elemento para el análisis en la extrusora	145
Tabla V.39.- Se muestran los procesos que participan en la extrusora y el número de proceso de fabricación que corresponde	145
Tabla V.40.- Se muestran los procesos que participan en la extrusora y el número de proceso de fabricación ordenados de menor a mayor tiempo	147
TablaV.41.- Se muestran los procesos que participan en la extrusora y el número de proceso de fabricación ordenados de mayor a menor tiempo	148
TablaV.42.- Costos de la manufactura y partes de la extrusora ordenada de mayor a menor	150
Tabla V.43.- Costos de proceso de la extrusora ordenado de mayor a menor.	151
Tabla V.44.- Tiempos de la manufactura y partes de la extrusora ordenados de mayor a menor.	153
Tabla V.45.- Número otorgado a sus procesos según la máquina.	156
Tabla V.46.- Costos de Producción de la hojuela de PEAD	157
Tabla V.47.- Costos de Producción de la Barra de PEAD	158
Tabla V.48.- Índices del costo de producción de la máquina de la maquina trituradora	159
Tabla V.49.- Numero y nombre del proceso de la obtención de la hojuela, con sus elementos y precios de elementos	159
Tabla V.50.- Índices de producción de la maquina por el tiempo de la maquina extrusora	160
Tabla V.51.- Índices de producción de la máquina de la maquina extrusora	160
Tabla V.52.- Numero y nombre del proceso de la obtención del bien, con sus elementos y precios de elementos	161
Tabla V.53.- Elementos que participan en el proceso de producción de la hojuela	161

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura I.1.- Árbol de hule y extracción de hule	4
Figura I.2.- <i>Goodyear</i> y patente del proceso de vulcanizado	5
Figura I.3.- <i>Dryopithecus</i>	6
Figura I.4.- <i>Homo habilis</i>	7
Figura I.5.- Hombre primitivo y su relación con el fuego y las herramientas	8
Figura I.6.- Grandes culturas antiguas aplicando invenciones prehistóricas	9
Figura I.7.- Sistemas antiguos de riego	10
Figura I.8.- Primeros barcos de los egipcios	11
Figura I.9.- Partes de un arco	12
Figura I.10.- Cabrestante	13
Figura I.11.- Molinos de viento	14
Figura I.12.- Ruedas hidráulicas antiguas	15
Figura I.13.- Imprenta de <i>Johann Gutenberg</i> y moldes de caracteres móviles	15
Figura I.14.- Huso y rueca	17
Figura I.15.- Motor de balancín	18
Figura I.16.- Primeras máquinas de vapor	18
Figura I.17.- Primer transistor de la historia	20
Figura II.1.- Propuesta de metodología	29
Figura II.2.- División de los plásticos	38
Figura II.3.- Clasificación de los plásticos	39
Figura II.4.- Producción mundial de plásticos (millones de toneladas)	40
Figura II.5.- Residuos plásticos por tipo de plásticos 1980 a 2015	41
Figura II.6.- Generación de residuos plásticos por sector industrial (millones de toneladas) (toneladas)	41
Figura II.7.- Relación residuos plásticos contra vida útil	43
Figura II.8.- Destino final de los residuos plásticos de 1980 a 2015	43
Figura II.9.- Mal manejo de residuos sólidos por Continente, 2010	44
Figura II.10.- Consumo de productos desechables en hogares	47
Figura II.11.- Mala gestión de residuos plásticos en países de América	47
Figura III.1.- Esquema general de la cuchilla propuesta junto con el eje, también propuesto con sus respectivas medidas de la cuchilla	57
Figura III.2.- Esquema de la cuchilla propuesta (en la parte inferior) y el eje (parte superior).	57
Figura III.3.- Propiedades del acero que se aplica para desarrollar el eje	59
Figura III.4.- Representación de cómo actúan las fuerzas en el eje	59
Figura III.5.- Representación gráfica de dos triángulos semejantes	60
Figura III.6.- Correlación del momento (MN) con la fuerza	60
Figura III.7.- Trasladando fuerzas y momentos resultantes en el centro	61
Figura III.8.- Formulas para vigas doblemente empotrada con carga distribuida	62
Figura III.9.- Esquema del modelo numérico del eje	63
Figura III.10.- Representación de la línea de presión	64
Figura III.11.- Valor del momento antes calculado	64
Figura III.12.- La máxima elongación en el eje y es de 8.056×10^{-7} m, esta es muy pequeña por ello es posible proponer este eje	64
Figura III.13.- Momento de flexión total	65
Figura III.14.- El máximo momento se encuentra constante a lo largo del eje como se indica en la imagen de arriba la cual es generada por la torsión	65

Figura III.15.- Esfuerzo máximo combinado de la torsión y la flexión	65
Figura III.16.- Posibles cojinetes a utilizar por criterios de carga	66
Figura III.17.- Imagen de un ajuste de poleas	68
Figura III.18.- El arreglo elegido por el requerimiento de la maquina	68
Figura III.19.- Esquema de la tolva superior y su volumen de capacidad	69
Figura III.20.- Relación L/D de un husillo de polietileno de alta densidad	75
Figura III.21.- Segunda configuración para usillos de polietileno	75
Figura III.22.- Diagrama de flujo del proceso de trabajo del diseño de ambas maquinas	78
Figura IV.1 Se muestran algunos procesos de manufactura que se ocuparan	81
Figura IV.2.- Imagen del diagrama de flujo que señala la fabricación de la Tolva de alimentación.	87
Figura IV.3.- Imagen del diagrama de flujo indicado para la fabricación del alineador	88
Figura IV.4.- Imagen del diagrama de flujo ejecutado para la fabricación de la cuchilla	89
Figura IV.5.- Imagen del diagrama de flujo indicado para la fabricación del eje	90
Figura IV.6.- Imagen del diagrama de flujo ejecutado para la fabricación del limitador	91
Figura IV.7.- Imagen del diagrama de flujo indicado para la fabricación de suministro del tamiz.	92
Figura IV.8.- Imagen del diagrama de flujo señalado para la fabricación de la caja de trituración.	93
Figura IV.9.- Imagen del diagrama de flujo de procesos de manufactura de suministro en la chumacera	94
Figura IV.10.- Imagen del diagrama de flujo de procesos de manufactura de suministro del motor.	95
Figura IV.11.- Imagen del diagrama de flujo de procesos de manufactura de la estructura de la trituradora	96
Figura IV.12.- Imagen del diagrama de flujo de procesos de manufactura de la tolva de salida	97
Figura IV.13.- Imagen del diagrama de flujo de procesos de manufactura en la trituradora	98
Figura IV.14.- Ilustración del diagrama de flujo de procesos de manufactura de la tolva de alimentación	103
Figura IV.15.- Imagen del diagrama de flujo de procesos de manufactura del husillo	104
Figura IV.16.- Ilustración del diagrama de flujo de procesos de manufactura del cilindro	105
Figura IV.17.- Imagen de diagrama de flujo de procesos de manufactura de la estructura de la extrusora	106
Figura IV.18.- Ilustración del Diagrama de flujo de procesos de manufactura de la boquilla	107
Figura IV.19.- Diagrama de flujo de procesos de manufactura que participan en la extrusora	108
Figura IV.20.- Diagrama de flujo de procesos de manufactura en ambas maquinas	109
Figura V.1.- Se muestra la inflación del mes de noviembre de 2020	116
Figura V.2.- Representación del costo total de la trituradora por elementos, componentes o piezas.	122
Figura V.3.- Costo total de la manufactura de la extrusora	132
Figura V.4.- Costos total de fabricación de ambas maquinas	137
Figura V.5.- Costo total de la manufactura de la trituradora	142
Figura V.6.- Costos de proceso fabricación de la trituradora	144
Figura V.7.- Tiempos de la manufactura por partes de la trituradora	144
Figura V.8.- Costo total de la manufactura de la extrusora	151
Figura V.9.- Costo total de la manufactura de la extrusora por proceso	153

ÍNDICE

Figura V.10.- Costo total de la manufactura de la extrusora por proceso	155
Figura V.11.- Evaluación de un emprendimiento	164

I. RESUMEN

ANIPAC señala en 2020 que el 70% del plástico no se recicla lo cual equivale a 793.33 mil toneladas. Por ello se elige darle valor al producto re-cuperado y utilizarlo de otra manera.

Dicho volumen crea la oportunidad del negocio y con ello la solución que se plantea, es decir un sistema de recuperación de polímeros de desperdicio que favorezca económicamente y que ayude al medio ambiente, lo cual se atiende con el diseño mecánico y manufactura de un par de máquinas: una trituradora y una extrusora, de las cuales la trituradora produce hojuela y de la extrusora permite la creación de otros bienes que estriban en su proceso final de ella; y en el caso propio se tiene una barra redonda de polietileno de alta densidad (PEAD) ello produce dos nichos de mercado: la fabricación de ambas maquinas o la producción del bien que generan ambas maquinas(barra redonda de PEAD) ,finalmente se evalúa y compara para la elección del negocio más rentable.

El trabajo contenido en la tesis trata esto.

II. ABSTRAC

ANIPAC indicates in 2020 that 70% of plastic is not recycled, which is equivalent to 793.33 thousand tons. For this reason, it is chosen to give value to the recovered product and use it in another way.

This volume creates the business opportunity and with it the solution that arises, that is, a system for the recovery of waste polymers that is economically favourable and helps the environment, which is addressed with the mechanical design and manufacture of a couple of machines: a crusher and an extruder, of which the crusher produces flake and the extruder allows the creation of other goods that lie in its final process; And in the case itself, there is a high-density polyethylene (HDPE) round bar, this produces two market niches: the manufacture of both machines or the production of the good generated by both machines (HDPE round bar), finally it is evaluated and compare for the choice of the most profitable business.

The written work contained in the thesis addresses this.

III. INTRODUCCIÓN

El trabajo consta de 5 capítulos, En el primer capítulo se relatará del Estado del Arte de los sistemas mecánicos y el antecedente del polietileno de alta densidad (PEAD); en el segundo capítulo se plasmará una base de diagnóstico que impulsa las propuestas de solución, en el tercer capítulo se realizará el diseño mecánico de las máquinas: trituradora y extrusora, en el cuarto capítulo se indicará la manufactura de la máquinas: trituradora y extrusora, y finalmente en el capítulo cinco se evaluarán los costos de fabricación de las máquinas y producción del bien.

IV. OBJETIVO GENERAL

Diseñar un sistema de recuperación de polímeros de desperdicio para evaluar la factibilidad del negocio de la fabricación de máquinas o la producción de la bien de las máquinas.

V. OBJETIVOS PARTICULARES

Realizar el diseño de la maquina trituradora.

Realizar el diseño de la maquina Extrusora.

Proceder a la manufactura de la maquina trituradora.

Proceder a la manufactura de la maquina extrusora.

Conocer y comparar la factibilidad del negocio dada la producción: de las máquinas y del bien reprocesado; mediante los costos de fabricación de las máquinas y los costos de producción del bien.

VI. JUSTIFICACIÓN

México recicla 340 mil toneladas de residuos plásticos al año, ANIPAC señala en el año 2020 que en México hay una tasa de reciclaje por encima de otros países, que es del 30%, lo cual indica que el 100% a nivel nacional será 1.13 millones de toneladas de plástico desperdiciado ya que este es el 70% equivale 793.33 toneladas anuales. Por ello se elige darle valor al producto re-cuperado y utilizarlo de otra manera. En la pretensión propia se contemplan dos procesos para llegar a fabricar el producto mediante dos máquinas: una trituradora y una extrusora.

Estado del arte

I.1- Introducción

En la actualidad los plásticos son uno de los productos de consumo más importantes y abundantes a nivel mundial. Así como, la mayoría de los productos con los que se realizan actividades diarias son fabricados por medio de plástico. Se puede decir que casi todo está hecho de plástico o tiene que ver en algo el plástico. Por ejemplo, la computadora que se está utilizando está hecha de plásticos. La silla en donde estas sentado debe ser de plástico en su totalidad o al menos parcialmente. El refresco que te estas tomando viene en un envase de plástico. Los discos donde se graban los programas y/o la música, etc. etc. etc. [I.1]. Este material revolucionó por completo la vida del ser humano. Sin embargo, tiene su lado malo, es obvio que el ser humano consume demasiado plástico y la mayoría va a parar a los basureros. EL mal procesamiento del plástico tiende a contaminar el suelo. Se calcula que un plástico dura entre 100 a 150 años en degradarse. Así como, se consumen una gran cantidad de recursos en su elaboración [I.1].

El término plástico en su significación más general se aplica a las sustancias de similares estructuras que carecen de un punto fijo de evaporación y poseen durante un intervalo de temperaturas propiedades de elasticidad y flexibilidad que permiten moldearlas y adaptarlas a diferentes formas y aplicaciones. Sin embargo, en sentido concreto, nombra ciertos tipos de materiales sintéticos obtenidos mediante fenómeno polimeración o multiplicación semi-natural de los átomos de Carbono en las largas cadenas moleculares de compuestos orgánicos derivados del petróleo y otras sustancias naturales [I.2]. La palabra plástico se empleó originalmente como adjetivo para denotar un escaso grado de movilidad y facilidad para adquirir cierta forma, sentido que se conserva en el término plasticidad [I.3]. En este trabajo se propone un nuevo sistema para la destrucción de plástico y/o su reutilización. En donde se propone una nueva metodología para su remanufactura y generación de nuevos productos que sean amigables con el medio ambiente.

I.2.- Breve reseña histórica sobre los materiales

La historia de los materiales se puede dividir de manera general en diversos periodos en el desarrollo tecnológico del ser humano. Como ejemplo se muestra la siguiente compilación [I.4 a I.6]:

Prehistoria.- En el inicio evolutivo de los primeros primates conllevan al ser humano, este desarrolló una gran destreza para implementar utensilios punzo-cortantes. Los cuales

tenían la función de facilitar su alimentación y seguridad. Posteriormente, se convirtieron en cuchillos, flechas y lanzas, para defenderse de las bestias.

Inicio del periodo neolítico.- El Hombre descubrió que la arcilla (barro) se ablandaba al mezclarse con agua y se endurecía al secarse (este ciclo era repetitivo). Era posible fabricar bloques de arcilla húmeda dentro de una hoguera por un determinado tiempo. Lo cual, quedaban permanentemente endurecidos al enfriarse y eran resistentes al agua. Con lo que era posible construir cierto tipo de resguardo.

Edad del Cobre.- Se descubre Cobre natural que podía ser suavizado al calentarlo y podía ser endurecido al deformarlo mediante martilleo. El Cobre desplazó a la piedra y era el preferido para fabricar herramientas.

Edad de bronce.- En esta era se desarrollan las aleaciones, ya que los metales puros eran demasiado suaves para ser empleados como armas. El hombre primitivo descubrió, desarrolló y perfeccionó las técnicas que permiten producir metales con propiedades sustancialmente diferentes a las de sus constituyentes individuales.

Edad de Hierro.- El *Hierro bueno*, fue inventado accidentalmente por los hititas. Se calentaba el Hierro dentro de un horno de Carbón, se martillaba la pieza para compactarla y se removía el óxido producido, repitiendo el procedimiento varias veces. Sin embargo, nunca se descubrió que el Carbón era el responsable del *Hierro bueno*.

Revolución industrial.- El trabajo manual del individuo es desplazado por máquinas. La metalurgia cobró nuevos horizontes. Desarrollo de medios de transporte. Se inventa el proceso para fabricar el acero. Así como, el Hierro y el acero se utilizaron en la construcción de grandes estructuras.

Época actual.- Por muchos siglos el desarrollo de la ciencia de los materiales fue muy lenta. Sin embargo, a finales del Siglo XIX se realizaron avances notables que contribuyeron a su desarrollo. Descubrimiento de los rayos X y su aplicación. Implementación de la tabla periódica de los elementos. Conocimiento de la estructura cristalina de los materiales. Fue hasta años recientes, que los científicos lograron entender la relación entre los elementos estructurales de los materiales y sus propiedades. A partir de entonces se desarrollaron miles de materiales. Como los plásticos.

La importancia de los materiales ha sido crucial a lo largo de la historia de la humanidad. Asimismo, el desarrollo de nuevos materiales ha permitido un aumento en el nivel de calidad de vida del Hombre y ha superado sus expectativas en un gran número de áreas.

I.3.- Breve reseña histórica sobre el polietileno

La existencia de los productos sintéticos empieza hace más de un siglo. Sin embargo, lo que permitió la producción de este tipo de productos vienen de un lapso muy antiguo. Los plásticos tienen dos tiempos que los diferencian, cuando las fibras existen en la naturaleza y cuando no existen en la naturaleza [I.7].

El origen de los plásticos se remonta a la historia del hule. Al parecer, fueron los Olmecas quienes descubrieron en los años mil setecientos antes de Cristo el árbol del hule. El cual, generalmente crece al sur de México, en la región conocida como; *el Manatí*. Uno de los primeros derivados de este árbol que obtuvo la cultura Olmeca fue la pelota, utilizada en el llamado *juego de pelota*. Su uso abarcó lo ritual y lo cotidiano, en la naturaleza se encuentra en dos de tres estados de la materia; sólido (goma) y líquido. Así como, fue empleado en pinturas, adhesivos, combustible para antorchas, impermeabilizante de telas, canoas, vestimentas, herramientas, en ofrendas y cuestiones medicinales, como; resequedad en las fosas nasales, limpieza del útero adhesivo, esto sólo por mencionar algunos usos [I.8 y I.9].



Figura I.1.- Árbol de hule y extracción de hule

En la época prehispánica el hule tenía una gran aplicación para estas culturas. Cuando los españoles realizan la conquista de México, los europeos inician a utilizar el látex para la elaboración de sombreros y botas. Sin embargo, estos se dedicaban a la recolección y no a la replantación. Por lo que, en el Siglo XVI, existió escases de estos árboles [I.10]. En 1821, *Thomas Hancock* desarrolló un mecanismo para procesar hule. Por lo que años más tarde junto con *Charles Macintosh*

implementaron las telas ahuladas. Lo cual conlleva que en ese año se inventaran los impermeables. Con lo que se pudo notar nuevos cambios en la utilización del derivado del hule. Es por ello, que año tras año los países donde crecía dicho árbol de hule tuvieron una fluctuación económica elevada [I.11].

En 1839, *Goodyear* por accidente descubre que, al mezclar el Azufre con el hule, quedaba en un estado sólido estable sin ser afectado por los cambios de temperatura. A este proceso se le llamo vulcanización [I.12]. Es por ello, que años más tarde *John B. Dunlop* hizo la primera llanta neumática para bicicleta [I.13]. Por lo que *Ford* utiliza la idea de *Dunlop* y la implementa para vehículos automotrices [I.14].



Figura I.2.- *Goodyear* y patente del proceso de vulcanizado

En 1907, *Leo H. Baekeland* perfeccionó el proceso de producción de la resina de formal de hilo e inventó la baquelita, primer plástico clasificado como termofijo o termo estable [I.15]. Cinco años más tarde *Ostromislenksky* patentó la polimerización del cloruro de vinilo para obtener el PVC [I.16]. Para el año de 1913, *Fritz Klatte* descubrió el acetato de polivinilo (un adhesivo). En la primera guerra se usaron constantemente los celuloideos y sus derivados lo que permitió el uso de estos en vehículos aéreos [I.17].

Derivado de los antecedentes anteriores, en 1924 el Ing. *Ramón D. Cruz* fundó la compañía hulera El Popo, S. A., la cual se dedicaba a la elaboración de construcción de llantas y cámaras de automóviles, tacones, impermeables y algunos otros artículos de hule [I.18]. En relación con que la industria del hule creció abrumadoramente los Estados Unidos de América junto con los estados

unidos mexicanos, iniciaron un proyecto para la plantación y conservación de dicho árbol toda vez que de este nacen todos los derivados del látex. En 1940, *Du Pont* presentó el poliacrilonitrilo (*PAN*) [I.19] y *Whitfield* y *Dickson* sintetizan el poli etilen tereftalato (*PET*) [I.20]. En 1941, *Roy J. Plunkett* descubrió por accidente el poli tetra fluoro etileno (*Teflón*) [I.21].

I.4.- Breve relato histórico sobre los sistemas y los procesos

Para hablar de un sistema o proceso de recuperación de polímeros, es necesario remontarse a la historia de los utensilios y cómo fue que se pudieron aplicar a la vida diaria. Se puede decir que esto se inicia hace 25 millones de años, cuando uno de los seres que habitaban la Tierra con aspecto de simio, (*Dryopithecus*), lo aplicó para algún tipo de tare. Este animal simiesco sobresalía porque era mucho más habilidoso. El *Dryopithecus* podía erguirse sobre sus patas y saltar de rama en rama, sujetándose de sus manos. Fue transcendental el poder erguirse sobre sus patas, ya que así deja las manos libres para realizar trabajos. La utilización de utensilios fue posible, ya que se desarrollaron especies capaces de erguirse y caminar con habilidad [I.22].

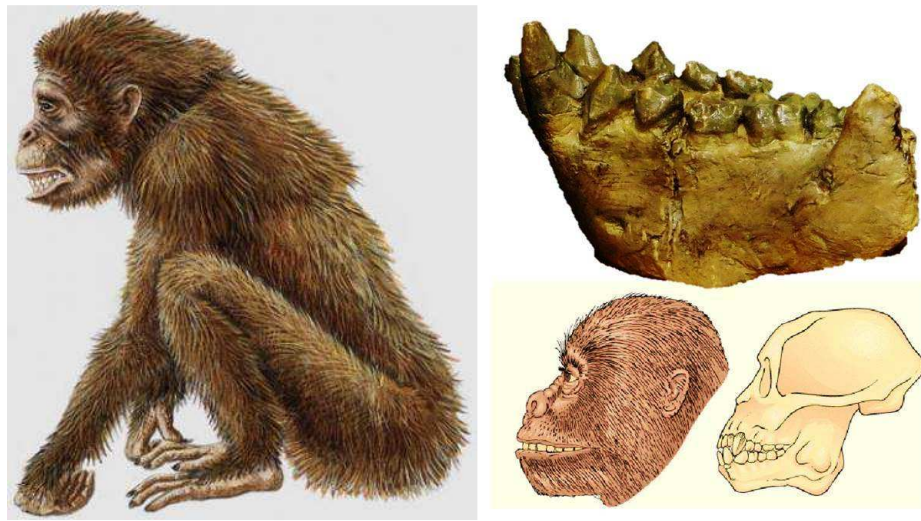


Figura I.3.- *Dryopithecus*

Hace dos millones existió un antecesor humano primitivo llamado *Homo habilis*. Este manejaba utensilios sencillos de piedra tales como martillos. Durante más de un millón de años posteriores, el desarrollo del humano es de la mejora de los utensilios de piedra y la creación de nuevos y mejores utensilios [I.23]. Las herramientas primitivas aumentaron la posibilidad de supervivencia de los seres humanos en un ambiente hostil. Ya que podían derribar arboles chicos con ayuda de un hacha. Cuidarse de otros animales y para cazar utilizaban una punta de lanza. Con una piedra afilada, fabricaban esquirlas a un trozo de pedernal, podían limar y limpiar el interior de

las pieles de otros seres vivos. Al utilizar una rama cortada de los árboles que talaban, pudieron crear nuestros antecesores cosas como los arcos y las flechas. En las flechas probablemente colocaban en la punta pequeñas esquirlas de un pedernal cortante. El arco y la flecha son un arma más eficaz que la lanza, ya que esta era más rápida y recorría mayor distancia [I.24].

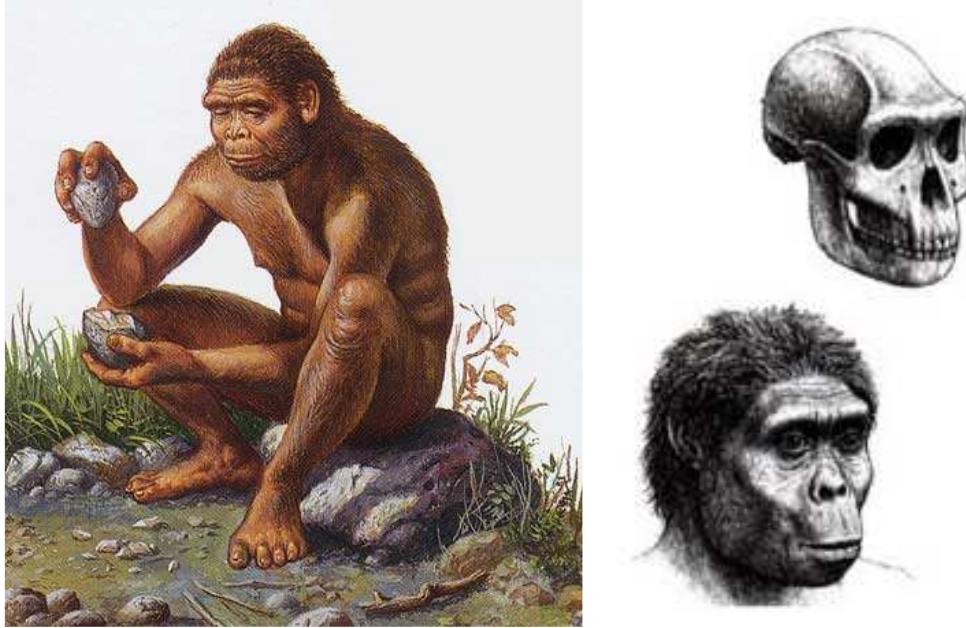


Figura I.4.- *Homo habilis*

Medio millón de años atrás, los antecesores del Hombre ya manejaban bien la piedra y creaban bordes cortantes. Habían descubierto el fuego, tal vez viendo los incendios en los bosques y con una rama tomar de ellos el fuego. También descubrieron que con las llamas de una hoguera ahuyentaban a los animales. Al ver que si cocinaban la carne de los otros seres que mataban esta se ablandaba. Esto les ayudo a poder comer hasta la carne más dura una vez que la cocinaban por cierto tiempo [I.25]. Obtenían materias primas de los animales y con esta elaboraban utensilios *los huesos*. También pueden afilarse como la piedra. Y descubrieron que hasta los huesos más pequeños resultaban útiles y con esto se aportó una nueva herramienta *la aguja*

Los cuernos del reno posiblemente fueron de los primeros utensilios que ocuparon los antepasados del Hombre, para escarbar el suelo y cultivarlo para así lograr obtener comida. También la ramificación de los cuernos de los renos, sirvieron para desarrollar *arpones*, los cuales eran más eficaces en la caza ya que estos tienen unos dientes hacia atrás los cuales se llaman barbas, estos sujetan la carne del animal y evita que este pueda huir [I.26].



Figura I.5.- Hombre primitivo y su relación con el fuego y las herramientas

Hace unos treinta mil años, en el período de la glaciación, nuestros antepasados para protegerse del frío entraban a cuevas, en las cuales se puede ver cuál fue la primera máquina inventada, gracias a una pintura en la pared, era una trampa para atrapar mamuts (Figura I.5). Estos humanos empezaron a utilizar los materiales de su alrededor [I.24 y I.26].

Cerca del año 3000 a.C. se utilizaban *picos* hechos de cuerno de ciervo para excavar la tierra. Con esto el arado fue una gran mejora, ya que al ser arrastrado por un buey el trabajo era continuo. Esto es uno de los ejemplos más sencillos del uso de la *palanca*. Al ser un trabajo mucho menor, es probable que de aquí surgiera la idea de la rueda. La rueda inicio con la roca y la aplicación de troncos de árbol, como rodillos para mover objetos pesados. Pasaron a ser discos cortados de troncos de árboles, que giraban sobre ejes sujetos en la parte baja de un trineo o carro. Con la utilización de la rueda, se desarrollaron llantas de Hierro, para proporcionar una mayor longevidad. La cual, era maciza y por lo cual fue remplazada por una más ligera. Esto a su vez provocó vehículos que podían moverse más de prisa y empezaron a utilizarse caballos en lugar de bueyes [I.27]. Aproximadamente desde que se creó la rueda, hubo otra utilidad para ella. Antes del desarrollo del torno alfarero, las vasijas eran burdas y con grosor desigual. Los recipientes se

rompían con facilidad y se salían los líquidos. El *modelado* de las piezas sobre una rueda giratoria mejoró su calidad y las convirtió en más duraderas. Era también agradable a la vista. Ya en el año 2000 a.C. nuestros antepasados habían inventado dos máquinas, la palanca y la rueda. Además, habían descubierto como usar la fuerza de los animales [I.28].



Figura I.6.- Grandes culturas antiguas aplicando invenciones prehistóricas

Con la invención del arado los hombres empezaron a trabajar en grupo y hubo cultivo a mayor escala. Los hombres que cazaban no se dedicaban a las cosechas y los hombres que cosechaban no se dedicaban a la caza y después intercambiaban la carne por grano. Se empezó a comerciar mercancía y a viajar de un lugar a otro. Las personas comenzaron a vivir juntas en pueblos y después en ciudades donde se desarrolló el comercio e industrias como el hilado o el tejido y la alfarería. Había empezado ahí la civilización [I.29].

En el Oriente Medio, el desarrollo de las culturas se fundamentó en tres ríos, los cuales eran el Nilo, el Éufrates y el Tigris. Estos ríos habían logrado un suelo fértil y rico aluvión fluvial. Esto no sólo servía para un buen cultivo, sino que también el barro, modelado en forma de ladrillos y secado

bajo el sol ardiente, generaba un buen material para la construcción [I.29]. Mientras los hombres educados de las civilizaciones como el antiguo Egipto y Mesopotamia se dedicaron a la mejora de la agricultura. Así resolvieron un gran problema el que fue la distribución del agua del río para irrigar sus campos [I.30]. El primer sistema continuo de irrigación que existió consistía, en que el buey accionaba una serie de ruedas de madera con vástagos en sus bordes que eran como engranes. Estos a su vez, se conectaban con otra rueda los cuales tenían unos jarrones sujetos. Estos a su vez descendían hasta donde estaba el agua. Posteriormente, se llenaban de agua y finalmente se vaciaban el canal en la parte superior de su recorrido. Esta fue una aportación de los egipcios [I.31].

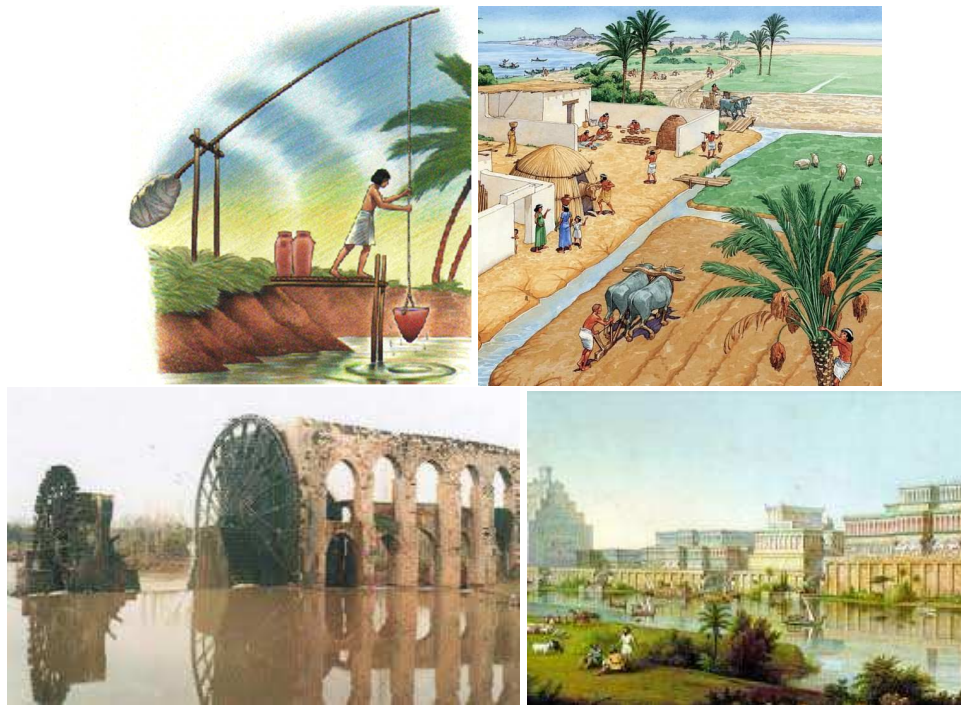


Figura I.7.- Sistemas antiguos de riego

Otra aportación de los egipcios fue sus conocimientos sobre la astronomía, ya que era indispensable conocer, cuando el Nilo se iba a inundar, que en su caso era en verano. Fue necesario un calendario con el cual se realizaba un estudio del sol y las estrellas. Desarrollaron ideas matemáticas, para medir áreas gracias a la geometría, descubrieron los puntos cardinales y fueron capaces de calcular medidas y pesos [I.32]. Otro paso que dieron los egipcios fue la utilización de la energía eólica para los barcos. Este fue otro sistema, los primeros barcos eran hechos de papiro atados todos juntos, pero más adelante se utilizaron planchas de madera. La cual tenía una gran vela en forma cuadrangular, con un remo grande en la popa para hacer de timón y remos para utilizar cuando no existiera viento. En el año 2000 a. de C., los egipcios contaban de una gran flota de barcos mercantes [I.33].



Figura I.8.- Primeros barcos de los egipcios

En el año 500 a.C. en Grecia y Roma adoptaron y ampliaron nuevas ideas del Oriente Medio. *Arquímedes*, que vivió del año 277 al 212 a.C. cuando era joven decidió estudiar en Alejandría en Egipto. Estudio Ciencias y se pasó el resto de su vida estudiando e inventando. *Arquímedes* quizás fue el primer científico auténtico del mundo. Uno de sus inventos fue la máquina para la irrigación llamada *tornillo de Arquímedes*. Esta se podía poner en acción por un hombre o un animal, y suministraba un chorro continuado de agua. *Arquímedes* se dio cuenta cómo y por qué funcionaban las palancas. En una ocasión planteo que; *si existiera una palanca lo suficientemente larga y un punto de apoyo, podría mover la Tierra*. Así como, mostró interés en la diferencia entre el esfuerzo aplicado a un trabajo que se realizó. El esfuerzo aportado y el trabajo realizado tienen una relación la cual es llamada *rendimiento mecánico*. Para que los griegos pudieran construir sus templos, tuvieron que resolver el problema de levantar grandes bloques de piedra y ponerlos en un sitio. Para realizar esto usaban poleas. Una polea es una rueda con un surco en el cual pasa una cuerda. Al utilizar una polea el esfuerzo a mano es lo mismo. No existe un mayor rendimiento mecánico pero las poleas al combinarse en dos o más poleas, de un modo en que las longitudes puedan multiplicar el esfuerzo. Así se muestra otro sistema más, un arreglo de poleas [I.34 a I.36].

En el Siglo I, el imperio romano aprendió de los griegos, pero con una multitud de aportaciones propias. En lugar de aguardar agua de los pozos o arroyos de las ciudades construyeron acueductos. Estos eran tuberías o canales de piedra, utilizados para traer agua de un sinnúmero de lugares distantes. Los acueductos atravesaban grandes distancias y pasaban los valles sobre pilares. Esto los llevó a descubrir el arte de la construcción de arcos de medio punto [I.37 y I.38].

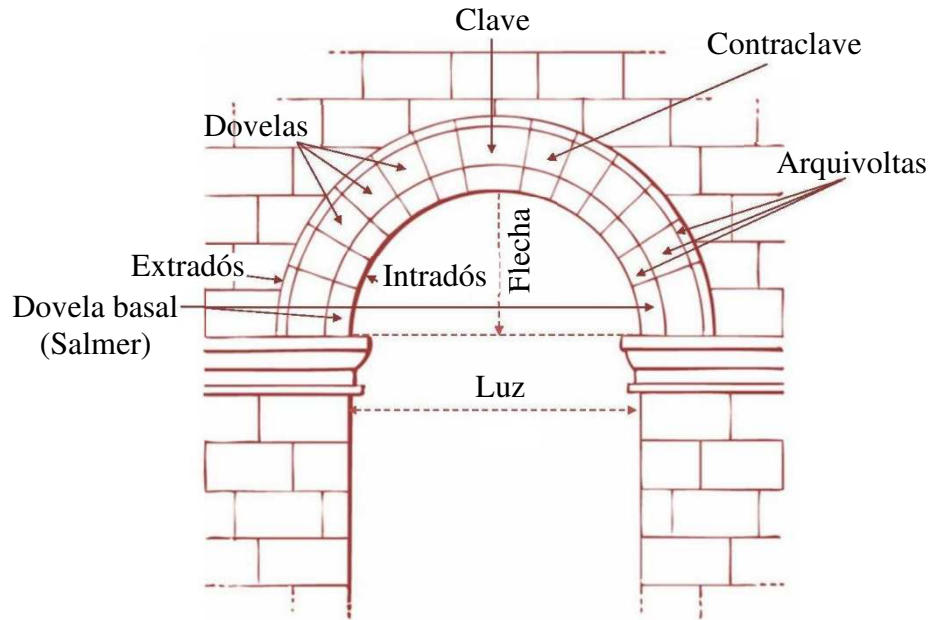


Figura I.9.- Partes de un arco

Para controlar el inmenso imperio romano eran esenciales tener una buena comunicación y esto hizo que se creara otro sistema más, *las carreteras* [I.38]. Tras la desaparición de las culturas griega y romana a causa de la guerra, hubo un periodo en Europa donde se realizaron muy pocos descubrimientos e inventos nuevos. Algunas de las ideas de esas dos culturas antiguas fueron olvidadas. Como fue el caso de la calefacción central. Los romanos habían inventado un sistema para calentar edificios por medio de corrientes de aire caliente. Las máquinas más sencillas como palancas cabrestantes y los sistemas de poleas se siguieron utilizando. Estos sistemas fueron fundamentales para la construcción de grandes proyectos en Europa durante la Edad Media.

Una vez que los normandos conquistaron gran Bretaña, se dividió la tierra en la cual se querían construir castillos para vivir y catedrales para profesar la religión cristiana. Por estas mismas fechas una civilización sudamericana *los incas* estaban construyendo también grandes edificios y templos. La tecnología en las culturas americanas y las comunidades europeas eran muy distintas. Por ejemplo, en América la rueda no tenía utilidad como medio de transporte. Los grandes proyectos

en Europa juntaron todo tipo de artesanos, tallistas, carpinteros, herreros, cristalers, forjadores y picapedreros. También fue necesaria mucha fuerza de trabajo de obreros. Al irse construyendo los grandes pilares y paredes de piedra se construían andamios para poder lazar los bloques. El cabrestante y la cabria fueron esenciales para estos trabajos [I.39].

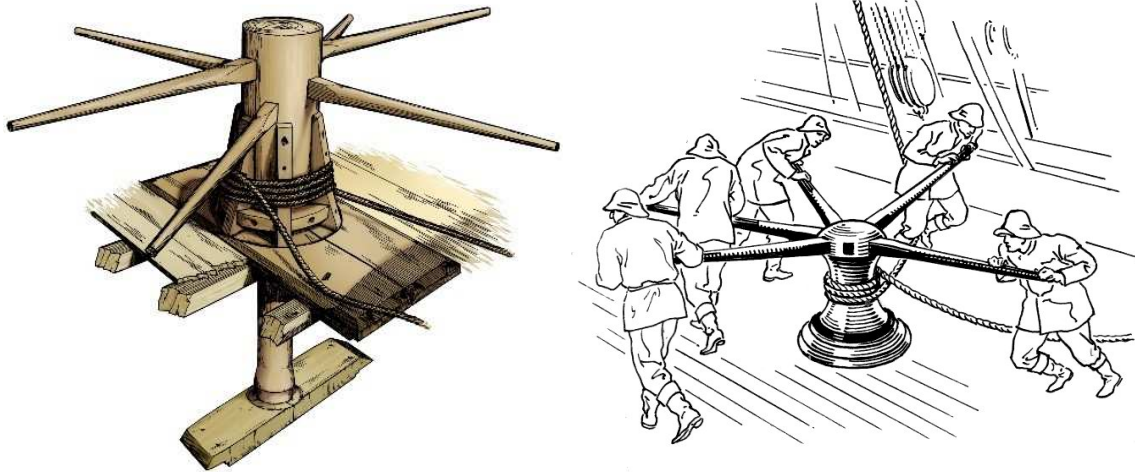


Figura I.10.- Cabrestante

En 1586, un Ingeniero romano, *Domenico Fontana* se enfrentó a un gran desafío. El Papa había decidido que había que trasladar un gran pilar de piedra u obelisco, a una nueva localización. El problema era que el obelisco pesaba 312 toneladas y media 23 metros. *Fontana* se preparó cuidadosamente para el trabajo. Calculó el peso del obelisco, tallando y pesando un modelo hecho con la misma piedra. Estimó que serían necesarios cuarenta cabrestantes para hacer el trabajo, accionado cada uno de ellos por tres o cuatro caballos. Hicieron falta 800 hombres y 140 caballos para concluir el trabajo. En primer lugar, se construyó un sólido andamiaje en torno al obelisco. Se añadieron un embalaje de juncos, y una cubierta de madera para proteger a la estructura durante su traslado. Después se introdujeron cuñas de Hierro y madera por debajo de la base, para levantar la gradualmente y por igual. Se pusieron rodillos debajo. Con unos cabrestantes tirando en par, a el movimiento estuviera continuamente bajo control, el obelisco fue lentamente volcado y después arrastrado sobre rodillos de nuevo los cabrestantes, fue colocado verticalmente con cuñas sobre la base. Por último, una dirección y otros manteniendo la tensión bajo control. El obelisco fue lentamente localización donde, utilizando hasta su nueva localización se retiraron las cuñas y el andamiaje. Fue un gran logro, pero la habilidad de *Fontana* estuvo más en su cuidadosa planificación organización que en ninguna idea nueva. Había calculado exactamente dónde debían ir los cabrestantes y su equipo de caballos. Inventó un elaborado sistema de señales para que cada cabrestante pudiera ser accionado o detenido en cualquier momento [I.40].

En cuanto a los sistemas eólicos e hidráulicos como apoyos en la agricultura, se tiene que, al cultivar los cereales como alimento, el humano se encontró con problemas, como el moler el grano para obtener harina. En sus inicios esto se hacía con *mano y mortero*. Esta operación se realizaba de la siguiente manera, con un trozo de piedra el cual se sujetaba con la mano y la otra parte era un cuenco de madera, en el cual se ponía el grano.

Al trabajar de esta manera resultaba lento y ocupaba tiempo, que se podía ocupar para cultivar más tierras. Al mismo tiempo que se molía de esta manera, existían barcos con velas y a alguien se le ocurrió la idea de ocupar la fuerza del viento para hacer girar una muela. Los primeros molinos de viento tenían velas que giraban horizontalmente, quiere decir que estas estaban colocadas paralelas al suelo. Con este invento, surgieron otras ideas, como utilizar molinos de viento para bombear agua del algún río para su riego, o también se ocupaban los molinos de viento en estanques de mar pequeños en cuanto profundidad para obtener la sal [I.41]. Después del año 11000, cuando se construyeron molinos en Europa, llegó a tener miles de estos, lo cual se mantuvo durante unos 700 años. Por lo que se puede concluir que la máxima cantidad de harina consumida en Europa se fabricó por medio de energía eólica. Aunque, estos molinos de viento resultaban verazmente dañados por los vientos [I.42].

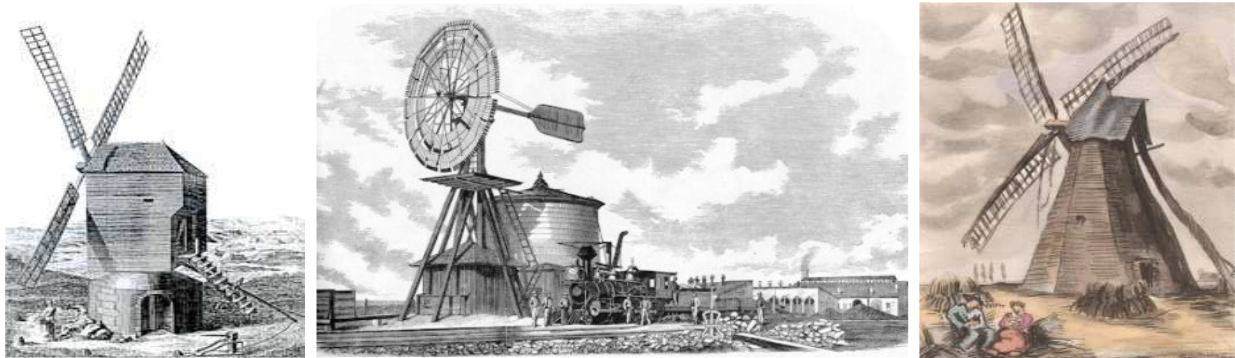


Figura I.11.- Molinos de viento

También en otras regiones del mundo existían las ruedas hidráulicas, para hacer girar las piedras de moler, se conectaban por medio de engranes. Las originarias ruedas hidráulicas eran de alimentación por corriente baja de agua, en las que la rueda logra girar gracias a la presión del agua sobre las palas inferiores. Pero cuando era tiempo seco, estas giraban muy poco o en casos ni girar lograban. Para esto la solución fue almacenar el agua, con ayuda de presas para que posteriormente callera a la rueda con un caudal controlado [I.43].

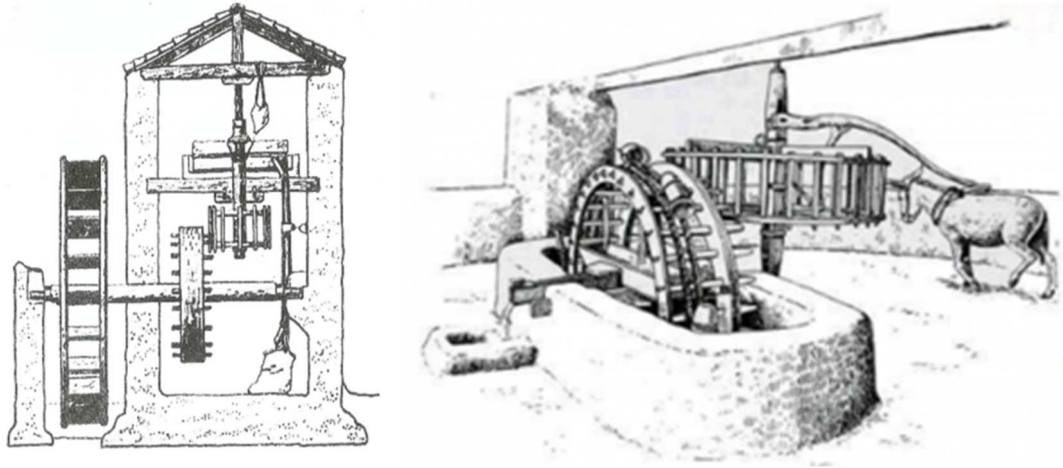


Figura I.12.- Ruedas hidráulicas antiguas

El siguiente desarrollo, fue el pasar de un movimiento giratorio por un movimiento de arriba para abajo. Para esto la solución fue la *leva*. Una especie de rueda que es plana a lo largo de la parte de su perímetro. Se encontraba montada sobre un eje de leva, acoplado a los engranajes movidos por la rueda. Se disponía una viga de tal modo que se conectara con la parte curva de la leva. Una vez que giraba esta, la viga era elevada, pero cuando estaba en la parte plana de la leva esta llegaba a la parte superior, está y la viga perdían el empalme. La invención de la leva, desarrolló otra importante industria; la fabricación de Hierro. Los fuelles accionados por una viga que era movida por un eje de levas procedente de una rueda hidráulica permitían generar un chorro continuo de aire en el horno y así es que era posible fabricar toneladas de Hierro en un día. El principio de la *leva* y la *viga* se utilizó velozmente para martillar, otro proceso de fabricación de Hierro [I.44].



Figura I.13.- Imprenta de *Johann Gutenberg* y moldes de caracteres móviles

En el Siglo XIII, los Arquitectos-Ingenieros de Italia forjaron el nacimiento de una nueva etapa de la construcción de canales, con la invención de la *esclusa* [I.45]. Posteriormente, cerca del año de 1450, *Johann Gutenberg* creó los moldes de caracteres móviles y gracias a esto se le atribuyó la creación de impresión del primer libro [I.46]. Asimismo, es necesario mencionar a otros autores de la ciencia actual que fueron:

Leonardo da Vinci (1452-1519) [I.47].- Se le reconoce por diseños conceptuales que ideó y por la practicidad que le dio a la Ingeniería.

Nicolaus Copernicus (1473-1543) [I.48].- Desarrolló la Astronomía moderna con la teoría de que la Tierra, era un planeta en movimiento y no era estático.

Galileo (1564-1642) [I.49].- Generó el método científico para adquirir un conocimiento, también realizó el primer uso práctico del telescopio en lo que fue la Astronomía.

Robert Boyle (1627-1691) [I.50].- Estudió la expansión y compresión de del aire junto con la de otros gases. También descubrió que si el volumen un gas a una temperatura constante varía de manera inversa a su presión.

Robert Hooke (1635-1703) [I.51].- Generó una ley en la cual se establece que la cantidad de deformación de un cuerpo elástico, es directamente proporcional a la fuerza que actúa sobre él.

Isaac Newton (1642-1727) [I.52].- Implementó el cálculo y formuló la ley de gravitación universal.

El primer utensilio para el hilado fue el *huso*. Éste funcionaba de la siguiente manera, se hacía girar el huso con la mano para girar las fibras. Posteriormente, se dejaba colgar del hilo, girando y se estiraba y se retorció más. El nuevo trozo del hilo se enroscaba sobre el huso y se emprendía el trabajo sobre otro tramo. Esto resultaba ser un proceso lento, se vio desplazado por la *rueca*, otro sistema que era más rápida [I.53]. Alrededor del año 1300, llegó a Europa un telar horizontal muy mejorado. Se utilizaba una estructura de cuerda o alambre para separar los hilos de la urdimbre. Esta era movida de arriba y abajo por un pedal y así se tenía las dos manos libres [I.54]. En menos de un siglo, tanto el hilado como el tejido, cambiaron enormemente y drásticamente, lo que antes se hacía a mano y desde casa, se convirtió en trabajo de máquinas y en las fábricas. Esto hizo que se implementaran numerosos inventos. El primero de estos fue la lanzadera de volante producida por *John Kay*. Esta tenía que ser pasada a mano de lado a lado. La lanzadera volante iba sobre ruedas y esta pasaba de lado a lado con la acción de una palanca [I.55].



Figura I.14.- Huso y rueca

En 1765, *James Hargreaves* dio a conocer su hiladora de usos múltiples. Esta funcionaba haciendo girar una rueda con la mano. Aquí la rueda estaba colocada sobre un armazón estos contenían ocho husos, pero modelos posteriores podían hilar hasta 60 hilos a la vez [I.56]. *Richard Arkwright* creó el *marco de agua*, el cual producía un hilo resistente y homogéneo. Esto hizo que las fabricas se ubicaran junto a los ríos del norte de Inglaterra para poder accionar las nuevas máquinas, ya que estas necesitaban de la fuerza del agua [I.57]. Por estas fechas se inventó otra máquina de hilar llamada selfatina y esta resultaba bastante buena para producir hilo fino [I.58].

En 1712, *Newcomen* desarrolla su motor de balancín, su primera máquina grande y funcional. Ésta funcionaba de la siguiente manera el alojamiento de la maquina media unos diez metros de altura y saliendo de la pared se proyectaban 4 de los 8 metros del balancín de roble. El balancín estaba para transmitir la energía de un solo “cilindro” único, En la parte inferior del cilindro existía una caldera abovedada lo cual tenía alrededor piedras. La caldera, con fuego de Carbón debajo, con esto se suministraba el vapor. Dentro del cilindro había un pistón el cual se movía de arriba y abajo, la varilla del pistón estaba acoplado a este gracias a una cadena. En el otro lado del balancín había otra cadena conectada a unas barras. Estas penetraban 50 metros mina adentro para accionar la bomba de agua [I.59]. *James Watt* entró en sociedad en 1773, junto con *Matthew Boulton*. *Boulton* persuadió a *Watt* para que adaptara la máquina de movimiento reciproco para producir movimiento rotatorio. Esto fue necesario para hacer rodar las maquinas que servirían para hilar el algodón [I.60]. Con simultaneidad en cuanto a tiempo *James Picard* obtuvo una patente que utilizaba un cigüeñal, consecuentemente *Watt* desarrolló un sistema de engranajes para el mismo fin en cuanto a trabajo, pero este tenía una ventaja que fue el duplicar la velocidad del volante de inercia [I.61].

En 1782, *Watt* patentó el *motor de doble acción*. Posteriormente en 1784, *Watt* inventó su movimiento por bielas paralelas [I.62].

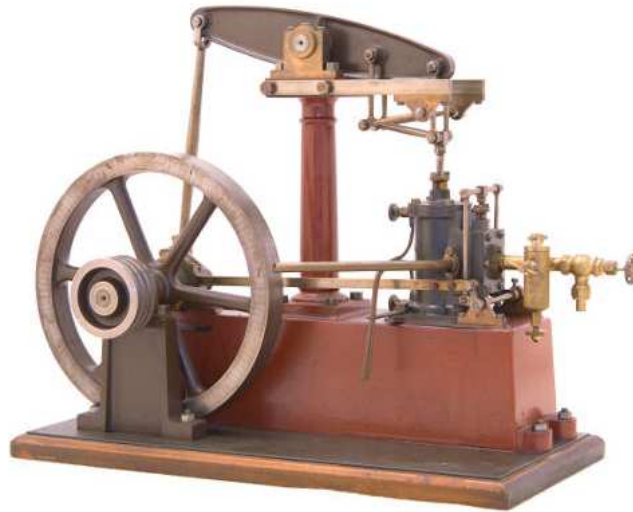


Figura I.15.- Motor de balancín

La construcción del primer motor a vapor de un tamaño natural y utilizable, lo realizaron *Thomas Newcomen* junto con *John Calley*. Entre ellos fabricaron, un cilindro de latón de aproximadamente cuarenta y ocho centímetros de diámetro en su interior. Este cilindro tuvo que ser moldeado a mano con un grado de cuidado, pero aun había fugas de aire y vapor por el pistón. Para solucionarlo, tuvieron que enrollar cáñamo húmedo en torno al pistón, el cual actuó como junta [I.63]. *James Watt* no inventó, como la mayor parte de la gente cree, el motor de vapor, pero si realizó importantes mejoras.

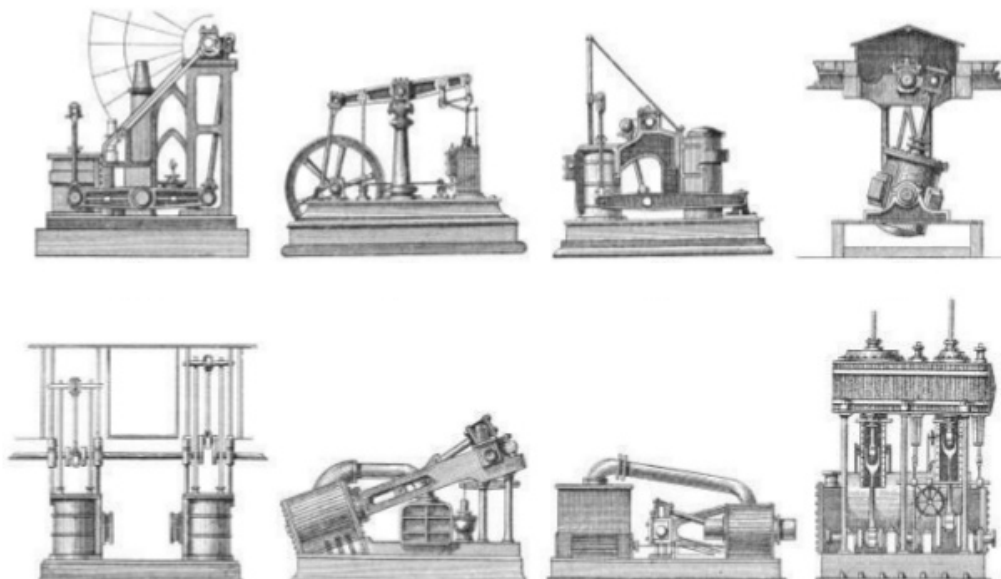


Figura I.16.- Primeras máquinas de vapor

Al hacerse cada vez más poderosos los motores, ocurrió lo mismo con los tornos y maquina taladradoras de las fábricas. Al encajar mejor los pistones con los cilindros unos con otros, a esto se le nombro Ingeniería de Precisión. Por lo tanto, la Ingeniería de Precisión ayudó al desarrollo del motor de explosión [I.64]. En 1876, *Nikolaus Otto* elaboró el primer motor de explosión interna que funcionaba. El combustible ardía en el interior del cilindro y no en el exterior, como el caso de la máquina de vapor [I.65]. Otros importantes inventos de esta época fueron:

En 1827, *Alejandro Volta* desarrolló la primera pila eléctrica [I.66].

En 1830, *Humphrey Davy* descubrió el electromagnetismo y el arco voltaico [I.67].

En 1831, *Michael Faraday* demostró el proceso de la inducción magnética [I.68].

En 1880, *Thomas A. Edison* implementó la bombilla incandescente. También descubrió que estas se podían conectar en paralelo y controlando partes del sistema sin necesidad de apagar todo el sistema [I.69].

En 1888, *Nicola Tesla* patentó un motor de inducción y un nuevo sistema de corriente alterna polifásico [I.70].

Para 1903, los hermanos *Wilbur* y *Orville Wright* volaron en su aeroplano. Esto cambiaría el transporte en el aire y dominando el transporte de las largas distancias [I.71]. En 1904, *Henry Ford* contribuyo al desarrollo de la producción de los automóviles en serie [I.72]. El Cloro líquido se utilizó como desinfectante por Ford-Mayer cerca de los inicios del siglo XX. En 1936, se finalizó la construcción de la presa Hoover, esto era un recurso hidráulico, la cual fue construida de hormigón, lo cual tenía una cortina de altura de 220 m, era la más grande del mundo [I.73].

Poco después de la Segunda Guerra Mundial, se realizaron estudios para evaluar la viabilidad de generar energía eléctrica mediante reacciones nucleares [I.74]. En el Siglo XX se tuvieron desarrollos y cambios tecnológicos sin igual. La transmisión primitiva fue cambiada por redes modernas de comunicación con sistemas masivos de conmutación provistos de componentes electrónicos. Esto fue posible gracias a la invención del transistor en 1947, los dispositivos semiconductores han sustituido los tubos de vacío como lo son los dispositivos que amplifican las señales electrónicas [I.75]. El diodo transistor y semiconductor propició una gran reducción de tamaños de los equipos electrónicos. Los pequeños chips de silicio lograron obtener circuitos integrados baratos, estos chips aparte ofrecen transmisión confiable y rápida de señales, esto ha

permitido desarrollar computadores más rápidos y computadoras digitales. Todos estos desarrollos han permitido construir un sistema de recuperación de sistemas.

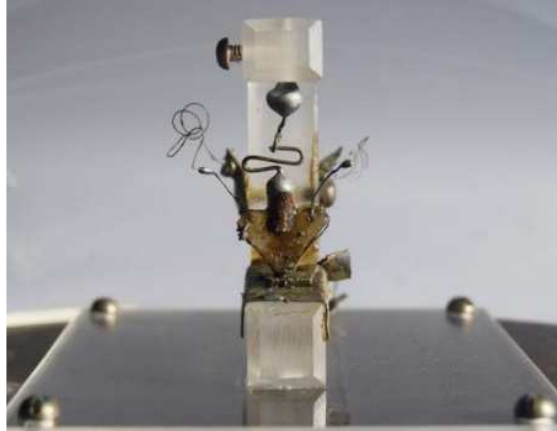


Figura I.17.- Primer transistor de la historia

I.5.- Planteamiento del problema

Hoy en día, se dispone de una cifra creciente de polímeros con el propósito de garantizar las necesidades del ser humano en esta actual dinámica de vida. Por lo tanto, se incrementó la elaboración y consumo de este compuesto y en consecuencia es necesario difundir la idea y la práctica de recuperación y transformación de los polímeros, ya que actualmente sólo el 9% de la producción mundial se recicla. El diseño de un sistema de recuperación de polímeros de desperdicio se propone como alternativa a los efectos negativos del alto consumo de plásticos en la sociedad actual. Con base en el gran número de objetos de uso cotidiano que se fabrican (envases de detergentes, botellas de leche, garrafas, bolsas de plástico etc.) y por su fácil manejo se plantea que la recuperación sea del polietileno de alta densidad (*PEAD*). El Diseño Mecánico de un sistema de recuperación de polímeros de desperdicio se hace mediante una máquina trituradora y una extrusora. La trituradora hace que los objetos de polietileno de alta densidad pasen hacer gránulos, para su posterior proceso en la extrusora. En la cual, los gránulos de *PEAD*, se transforman finalmente en una masa uniforme obteniéndose otro objeto (hilos, filamentos para impresoras 3D, bolsas, etc.) de esta manera se obtiene una recuperación de polímeros de desperdicio y con la adecuada gestión de manejo de residuos y la recuperación de materiales apropiada se evita un mal uso final (terminar en el medio ambiente).

I.6.- Sumario

En la actualidad los plásticos son productos de consumo importantes y abundantes a nivel mundial. La mayoría de los productos son fabricados por medio de plástico. Este material revolucionó la

vida del ser humano. Este material, tiene algo de malo, la mayoría va a parar a los basureros. El mal procesamiento del plástico tiende a contaminar el suelo. El termino plástico, nombra ciertos tipos de materiales sintéticos obtenidos mediante polimeración o multiplicación semi-natural de los átomos de Carbón en largas cadenas moleculares de compuestos orgánicos derivados del petróleo y otras sustancias naturales. En este Capítulo se presentó una breve historia sobre el desarrollo y evolución de los materiales. Así como, en específico, un breve relato sobre el origen y evolución del polietileno. Para en base a lo presentado en este capítulo tener una perspectiva general sobre las diferentes soluciones en el tema que se va a desarrollar y tener un mejor direccionamiento sobre la solución de la necesidad que se va a implementar.

I.8.- Referencias

- 1.- Cornish-Álvarez, M. L., *El abc de los plásticos*, Ed. Universidad Iberoamericana, pp 7-8, 1997.
- 2.- Lim, L. T., Auras, R. y Rubino, M., Processing technologies for poly (lactic acid), *Progress in Polymer Science*, Vol. 33, No. 8, pp 820-852. 2008.
- 3.- Shogren, R. L., Fanta, G. F. y Doane, W. M., Development of starch based plastics; A reexamination of selected polymer systems in historical perspective, *Starch*, Vol. 45, No. 8, pp 276-280, 1993.
- 4.- Martínez-Rueda, F. y Urquijo-Goitia, M., *Materiales para la Historia del Mundo Actual*, Vol. 2, Ed. Istmo, 2006.
- 5.- Galvele, J., *Los Materiales y la Humanidad*, Ed. Ministerio de Educación, 2012.
- 6.- Kerguignas, M. y Caignaert, G., *Resistencia de Materiales*, Ed. Reverté, pp 147-148, 1980.
- 7.- Barrow, G. M., *Química General*, Ed. Reverté, pp 633-634, 1972.
- 8.- Hatcher-Childress, D., *El Enigma de los Olmecas y las Calaveras de Cristal*, Ed. Nowtilus, 2009.
- 9.- Soustelle, J., *Los Olmecas*, Ed. Fondo de Cultura Económica, 1983.
- 10.- de Solís y Rivadeneyra, A., *Historia de la Conquista de México, Población, y Progresos de la America Septentrional, Conocida por el Nombre de nueva España*, Ed. Imprenta de Bernardo de Villa-Diego, 1684.
- 11.- Loadman, J. y James, F., *The Hancocks of Marlborough; Rubber, Art and the Industrial Revolution; A Family of Inventive Genius*, Ed. Oxford University Press, pp 95-104, 2010.
- 12.- de Vedia, L. A., *Errores en Ingeniería; ¿Qué Aprendemos de Ellos?*, Anales de la Academia Nacional de Ciencias de Buenos Aires, Vol. 48, pp 241-258, 2014.

-
- 13.- Bijker, W. E., *Of Bicycles, Bakelites, and Bulbs; Toward a Theory of Sociotechnical Change*, Ed. MIT Press, pp 79-80, 1997.
 - 14.- Lewis, D. L., *The Public Image of Henry Ford; An American Folk Hero and his Company*, Ed. Wayne State University Press, pp 186, 1976.
 - 15.- Baekeland, L. H., *The Synthesis, Constitution, and Uses of Bakelite*, Ed. Oxford, 1909.
 - 16.- Suarez-Romero, J. D., *Proyecto de Máquina Extrusora, para Creación de Hilos de Poli Etilén Tereftalato*, Tesis Licenciatura, ESIME Azcapotzalco, IPN, pp 2-3, 2015.
 - 17.- Goldschmidt-Alonso, L., *Reciclado de los Plásticos en la Industria de la Automoción*, Tesis Maestría en Ingeniería, Universidad de Valladolid, pp 4-6, 2015.
 - 18.- Consular Repots, *Boletín Oficial de la Secretaria de Relaciones Exteriores*, Ed. Secretaria de Relaciones Exteriores, 1932.
 - 19.- Miravete, A., *Los Nuevos Materiales en la Construcción*, 2ª edición, Ed. Reverté, pp 44, 1995.
 - 20.- Andreoli, F. C., *Barco de Pet; Engenharia e Educação Ambiental Aplicadas*, Ed. Cia do Book, 2018.
 - 21.- Hounshell, D. A. y Smith, Jr. J. K., *Victor Smith Science and Corporate Strategy; Du Pont R and D, 1902-1980*, Ed. Cambridge University Press, pp 157, 1988.
 - 22.- Andrews, P. J. y Stringer, C. B., *Human Evolution; An Illustrated Guide*, Ed. Cambridge University Press, pp 12-13, 1989.
 - 23.- Cavalli-Sforza, L. L., Cavalli-Sforza, L., Menozzi, P. y Piazza, A., *The History and Geography of Human Genes*, Ed. Princeton University Press, pp 61-61, 1994.
 - 24.- Gibson, K. R. y Ingold, T., *Tools, Language and Cognition in Human Evolution*, Ed. Cambridge University Press, pp 3-16, 1993.
 - 25.- Campbell, B., *Human Evolution; An Introduction to Mans Adaptations*, Ed. Aldine Transactions, pp 309-313, 1966.
 - 26.- Schick, K. D. y Toth, N. P., *Making Silent Stones Speak; Human Evolution and the Dawn of Technology*, Ed. Touchstone Book, pp 25-224, 1994.
 - 27.- Auping-Birch, J. A., *Una Revisión de las Teorías sobre el Origen y la Evolución del Universo; Física, Metafísica, Ciencia Ficcción y (A)Teología en la Cosmología Antigua y Moderna*, Ed. Universidad Iberoamericana, pp 19-20, 2009.
 - 28.- Fernández-Martínez, V. M., *Prehistoria; El largo Camino de la Humanidad*, Ed. Alianza, pp 27-31 y 58 68, 2014.
 - 29.- Jover-Zamora, J. M., *Historia y Civilización*, Ed. Universitat de Valencia, 1997.
 - 30.- Leick, G., *Mesopotamia; La Invención de la Ciudad*, Ed. Paidós, 2002.

-
- 31.- Aldred, C., *Los Egipcios*, Ed. Oberón, 2004.
 - 32.- Food and Agriculture Organization of the United Nations, *Agricultura Orgánica, Ambiente y Seguridad Alimentaria*, Ed. Organización de las Naciones Unidas, 2002.
 - 33.- de Herrera, A., *Agricultura General*, Vol. 3, Ed. Madrid Imprenta Real, pp 393-395, 1819.
 - 34.- Novelli, L., *Arquímedes y sus Máquinas de Guerra*, Ed. Editex, 2000.
 - 35.- Strathern, P., *Arquímedes y la Palanca*, Ed. Siglo XXI, 2014.
 - 36.- Heath, T. L., *The Works of Archimedes*, Ed. Cambridge University Press, 1897.
 - 37.- Hamey, L. A. y Hamey, J. A., *Los Ingenieros Romanos*, Ed. Akal, pp 9-11, 1990.
 - 38.- Trachtenberg, M. y Hyman, I., *Arquitectura; De la Prehistoria a la Modernidad*, Ed. Akal, pp 265-266, 1990.
 - 39.- Galabru, P., *Tratado de Procedimientos Generales de Construcción; Maquinaria General en Obras y Movimientos de Tierra*, Vol. 1, Ed. Reverté, pp 137-139, 1964.
 - 40.- Tschurilow, A., *Features of the Domenico Fontana's Water Conduit (the Canal of Count Sarno) and the Date of Pompeii Destruction*, Ed. Grin, 2010.
 - 41.- García-Badell, G., *La Agricultura en la Roma Antigua; Panorama General de la Cultura Agronomica en Aquellas Épocas, a Través de la Ciencia y de la Técnica Modernas*, Ed. Ministerio de Agricultura, Servicio de Capacitación y Propaganda, 1951.
 - 42.- Caro-Baroja, J., *Historia de los Molinos de Viento, Ruedas Hidráulicas y Norias*, Ed. Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, 1995.
 - 43.- de Odriozola, J., *Mecánica Aplicada a las Máquinas Operando*, Ed. Colegio de Sordo-Mudos, pp 180-182, 1839.
 - 44.- Portales-Pons, A., *Analizando la Construcción*, Ed. Universitat Politècnica de Catalunya, pp 238-239, 2013.
 - 45.- Billigmann, J. y Feldmann, H. D., *Estampado y Prensado a Máquina; Manual sobre Conformado en Frío y en Caliente de Aceros y Metales No Férricos*, Ed. Reverté, pp 296, 1979.
 - 46.- Rees, F., *Johannes Gutenberg; Inventor of the Printing Press*, Ed. Compass Point Books, 2006.
 - 47.- Espejo, B., *Biografía de Leonardo Da Vinci*, Ed. Ink, 2013.
 - 48.- Ingram, S., *Nicolaus Copernicus; Father of Modern Astronomy*, Ed. Blackbirch Press, 2003
 - 49.- González, I. C., Nosnik, A. y Recillas, E., *Galileo Galilei*, Ed. Andrés Bello, 1999.
 - 50.- Boyle, R., *The Works of the Honourable Robert Boyle*, Ed. J. F. Rivington, 1772.
 - 51.- Burgan, M., *Robert Hooke; Natural Philosopher and Scientific Explorer*, Ed. Signature Live, 2007.

-
- 52.- de Swaan, B., *Isaac Newton; El Inglés de la Manzana*, Ed. Andrés Bello, 2007.
- 53.- Marín, M., *Tejer y Vestir; de la Antigüedad al Islam*, Ed. Consejo Superior de Investigaciones Científicas, pp 38, 2001.
- 54.- Lis, C. y Soly, H., *Pobreza y Capitalismo en la Europa Preindustrial (1350-1850)*, Ed. Akal, pp 187-188, 1985.
- 55.- Ugidos, G., *Grandes Venganzas de la Historia; El Verdadero Conde de Monte Cristo y Otros Ajustes de Cuentas Memorables*, Ed. Eco Planet, 2016.
- 56.- Allen, R. C., The industrial revolution in miniature; The spinning jenny in Britain, France and India, *The Journal of Economic History*, Vol. 69, No. 4, pp 907-915, 2009.
- 57.- Hills, R. L., *Richard Arkwright and Cotton Spinning*, Ed. Priory Press, 1973.
- 58.- Ateneo, *Enciclopedia el Ateneo; El Hombre, Constructor de su Mundo*, Ed. Ateneo Editorial, pp 703-704, 1965.
- 59.- Marquina-Fábrega, M. L., *Conocimientos Fundamentales de Física*, Ed. UNAM, pp 170, 2006.
- 60.- Russell, B., *James Watt; Making the World Anew*, Ed. Enterprises, 2014.
- 61.- Lincoln-Collier, J., *Great Inventions; The Steam Engines*, Ed. Marshall Cavendish, pp 102, 2006.
- 62.- Whiting, J., *James Watt and the Steam Engine*, Ed. Mitchel Lane Publishers, 2006.
- 63.- Skempton, A. W., Chrimes, M. M., Cox, R. C., Cross-Rudkin, P. S. M., Rennison, R. W. y Ruddock, E. C., *A Biographical Dictionary of Civil Engineers in Great Britain and Ireland*, Ed. Thomas Telford, pp 407, 2002.
- 64.- San Juan, C., *La Revolución Industrial*, Ed. Akal, 1993.
- 65.- Russel, J. y Cohn, R., *Nikolaus Otto*, Ed. Eco Editions, 2012.
- 66.- Giancoli, D. C., *Física; Principios y Aplicaciones*, 6ª edición, Ed. Pearson Education, pp 494, 2006.
- 67.- Knight, D., *Humphry Davy; Science and Power*, Ed. Cambridge University Press, 1998.
- 68.- Jones, B., *The Life and Letters of Faraday*, Ed. Cambridge University Press, 2010.
- 69.- Pretzer, W. S., *Working at Inventing; Thomas A. Edison and the Menlo Park Experience, Working at Inventing*, Ed. John Hopkins University Press, 2001.
- 70.- Dommermuth-Costa, C., *Nikola Tesla; A Spark of Genius*, Ed. Lerner Publications Company, 1994.
- 71.- McCullough, D., *Los Hermanos Wright; El Libro Definitivo sobre los Pioneros de la Aviación*, Ed. Eco Publications, 2016.
-

-
- 72.- Olson, S., *Young Henry Ford; A Picture History of the First Forty Years*, Ed. Wayne State University Press, 1963.
- 73.- Huxley, A., *Brave New World*, Ed. Vintage Classics, 2008.
- 74.- Winterberg, J., *El Mundo de la Tecnología; Los Inventos del Siglo XX*, Ed. Time, 2018.
- 75.- Wright, P. H., Koblasz, A. y Sayle, W. E., *Introducción a la Ingeniería*, Ed. Pearson Educación, 1999.

CAPÍTULO II

Base de diagnóstico que impulsa las propuestas de solución

II.1.- Introducción

El diseño de un sistema de recuperación de polímeros de desperdicio se puede fundamentar en metodologías desarrolladas en el área de Diseño Mecánico. Así como, los Ingenieros Mecánicos están relacionados con la obtención y el procesamiento de energía y con la administración, junto con la gestión de los instrumentos de obtención, las herramientas de arranque y las técnicas de automatización [II.1].

Las bases de la envergadura y concepto de la máquina son extensas. Entre las bases disciplinarias se encuentran la Mecánica de Sólidos, Mecánica de Fluidos, transferencia de masa y momento, los procesos de taller, las teorías de la Electricidad y las teorías de la Información. El esbozo en Ingeniería Mecánica involucra todas las áreas que componen esta disciplina.

El proceso de diseño mecánico comienza con la identificación de una necesidad [II.1]. El reconocimiento y su expresión es un acto muy creativo, porque la necesidad tal vez sólo ya sea una vaga no conformidad, una sensación de incomodidad o la sensación de que algo no es bueno [II.2]. A menudo, la necesidad no es del todo aparente. El reconocimiento se desencadena por unas circunstancias adversas o un conjunto de circunstancias aleatorias que se originan casi de simultáneamente. Existe una diferencia notable entre la declaración de necesidad y la identificación del problema. La definición del problema es más específica y debe incluir todas las especificaciones del objeto a proyectar. Las especificaciones son las cantidades de entrada y salida características y dimensiones del espacio que el objeto debe ocupar y todas las limitaciones sobre estas cantidades. Sus características y limitaciones, las especificaciones definen el costo, la cantidad que se va a manufacturar, la vida esperada, el intervalo, la temperatura de operación y la confiabilidad. Las características específicas son las velocidades, avances, limitaciones de la temperatura, los rangos máximos, las variaciones esperadas en las variables, las limitaciones dimensionales y de peso, etc. [II.1].

Existen muchas especificaciones implicadas que resultan del entorno particular del Diseñador o de la naturaleza del problema. Los procesos de manufactura disponibles, junto con las instalaciones de una cierta planta, constituyen restricciones a la libertad del Diseñador y de aquí que sean parte de las especificaciones implicadas. Cualquier cosa que limite la libertad de elección del diseñador constituye una restricción [II.1]. Por ejemplo, muchos materiales y tamaños se incluyen en los catálogos de los proveedores, pero no todos pueden conseguirse con facilidad y suelen ser escasos.

Además, por razones económicas los fabricantes tienen en existencia un inventario limitado de materiales y tamaños. A veces, a la síntesis de un diagrama que conecta los posibles elementos del sistema. Esto se llama *invención o diseño conceptuales* [II.1]. Este es el primero y más importante paso en la tarea.

Varios esquemas de solución deben ser propuestos, estudiados y ser cuantificado en términos de medidas establecidas. Como el desarrollo del sistema se debe avanzar para evaluar si el rendimiento del sistema es satisfactorio y si es así, qué tan bien funcionará. Esquemas de soluciones del sistema que no sobreviven. El análisis es revisado, mejorado o rechazado. Aquellos con el mayor potencial, optimizado para determinar el mejor rendimiento, Se comparan, planes competidores, para que se pueda elegir el camino hacia el producto más competitivo. Presentar y comunicar resultados a otros es el paso final y vital, proceso de Diseño Mecánico. Sin lugar a duda, muchos grandes diseños, inventos y trabajos creativos son, perdido para la posteridad, solo porque sus creadores no pudieron o fueron listo para explicar sus logros a los demás. La presentación es trabajo de ventas. El Ingeniero cuando presenta una nueva solución al personal administrativo o de supervisión, trata de venderlos o demostrarles que la solución que propone es la mejor. Salvo que lo anterior se puede hacer con éxito, el tiempo y el esfuerzo necesarios para obtener la solución habrá sido en gran medida desperdiciada. Cuando los creadores venden una idea nuevamente, ellos también venden. Si logran vender ideas, diseños y soluciones nuevos en la administración, están comenzando a recibir aumentos salariales y promociones [II.1].

II.2.- Base de datos para la investigación

Las consideraciones de Diseño Mecánico a veces, la resistencia que necesita un elemento de un sistema significa un factor importante para determinar su geometría y dimensiones. En esta situación se dice que la fuerza es un aspecto importante del Diseño Mecánico. Cuando se usa expresión del diseño incluye directamente algunas propiedades que influyen diseño de elementos o tal vez en todo el sistema [II.1]. Muchos de estas propiedades en una situación de diseño dada se mencionan l a continuación algunas de los más importantes (no necesariamente en orden de importancia) para estar en la posibilidad de desarrollar el mejor diseño (Tabla II.1). Así como, estar en la posibilidad de poder fabricarlo. Es muy importante establecer que el diseño por muy bueno que parezca, no lo es, si es que el producto no se puede construir. Lo mismo puede ser al revés, se pueden tener las capacidades de construcción y tener un mal diseño del producto [II.1].

Tabla II.1.- Propiedades para desarrollar en Diseño Mecánico

Funcionalidad	Resistencia/Esfuerzo	Distorsión/Deflexión/Rigidez
Desgaste	Corrosión	Seguridad
Confiabilidad	Facilidad de Manufactura	Utilidad
Fricción	Costo	Peso
Ruido	Estilo	Vida
Control	Tamaño	Forma
Propiedades térmicas	Superficie	Lubricación
Mantenimiento	Comercialización	Volumen
Capacidad de reciclado/ Recuperación de recursos	Responsabilidad legal	

Por lo que se presenta una propuesta de metodología para desarrollar la máquina.

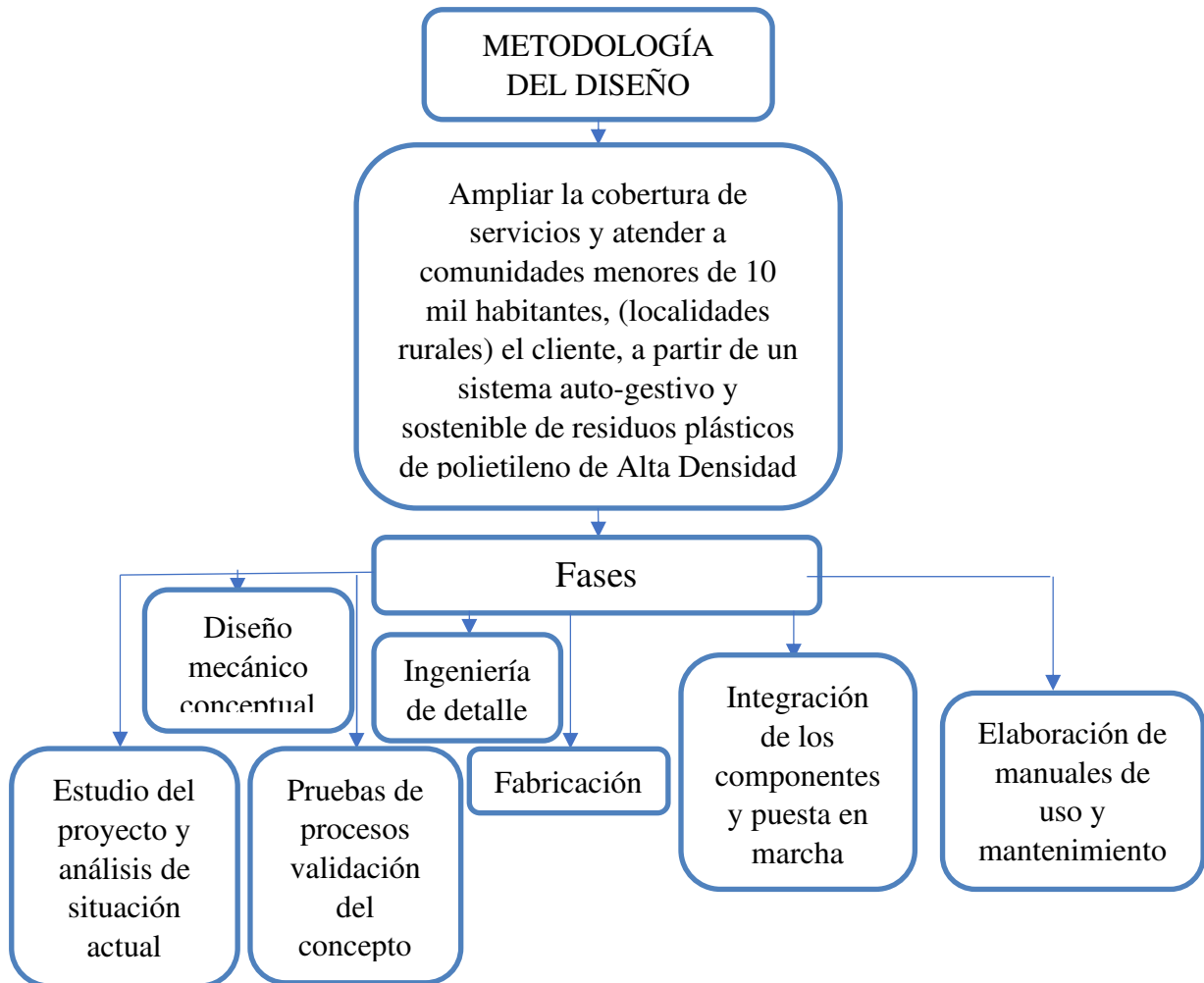


Figura II.1.- Propuesta de metodología

Según la *Asociación Nacional de Industrias del Plástico A.C. (ANIPAC)*, principal representación del sector plástico en México, en el país existen 235 empresas del plástico afiliadas a ella [II.3]. De las cuales el 10.21%, es decir, 24 trabajan con polietileno de alta densidad. Estas empresas tienen origen en diferentes países, como Austria, Brasil, España, Estados Unidos, Italia y México [II.3]. Para la realización de este trabajo, se ha consultado a través de internet y vía telefónica a las empresas que se dedican al procesamiento y reciclaje de polietileno de alta densidad. Sin embargo, ha resultado difícil conseguir las especificaciones de la maquinaria con la trabajan. Es decir, se desconoce la cantidad de plástico que producen y reciclan al día.

Tabla II.2.- Relación de empresas que trabajan con polietileno de alta densidad [II.3]

Empresa	Sedes	Ubicación	No. Empleados	Observación	Origen
Alpla México	25	1.- Toluca Naucalpan 2.- Toluca 50200 3.- Cuernavaca 4.- Tepetzotlán 5.- Villahermosa 6.- Ciudad de México 7.- Toluca 50071 8.- Orizaba 94300 9.- Cuautitlán 10.- San Cristóbal de las casas 11.- Tlalnepantla 12.- Hermosillo 83226 13.- Acapulco 14.- Guanajuato 15.- Mexicali 21280 16.- Hermosillo 83204 17.- Boulevard Miguel Alemán 18.- La Paz 19.- Estado de México 20.- Culiacán 21.- Iturbide Guanajuato 22.- Chihuahua 23.- Ciudad Juárez 24.- Parque Industrial, Estado de México	2 300	En su página de internet no dan datos de sobre el tipo de maquinaria que utilizan ni el tonelaje procesado al día.	Austria

		25.- Jalisco			
LPS Packaging Systems	1	Toluca, Estado de México	50	En su página de internet no dan datos de sobre el tipo de maquinaria que utilizan ni el tonelaje procesado al día.	S/D
Borealis Plásticos	1	CDMX Benito Juárez		En su página de internet no dan datos de sobre el tipo de maquinaria que utilizan ni el tonelaje procesado al día ni número de empleados.	S/D
Braskem Idesa	1	Coahuila de Zaragoza Veracruz	17 000	En su página de internet no dan datos de sobre el tipo de maquinaria que utilizan ni el tonelaje procesado al día.	Brasil
Cassia Productos (Comercial, Novacicla)	1	Av. de la Industria lote. 22, fracc. industrial el trebol, 54600 Tepetzotlán, México	S/D	En su página de internet no dan datos de sobre el tipo de maquinaria que utilizan ni el tonelaje procesado al día ni número de empleados.	México
Centro de Investigación en Química	2	1.- Blvd. Enrique Reyna Hermosillo no. 140	S/D	Centro de investigación, relacionado	México

<p>Aplicada</p>		<p>Saltillo, Coahuila México</p> <p>2.- Monterrey Nuevo León</p>		<p>con el gobierno mexicano, que tiene como objeto, realizar actividades de investigación científica básica y aplicada, el desarrollo experimental, la innovación tecnológica y la formación especializada de capital humano de alto nivel en los campos de la química, polímeros, materiales, biotecnología, medio ambiente, recursos naturales y disciplinas afines, así como difundir los resultados de sus investigaciones.</p>	
<p>Cintas Plásticas</p>	<p>1</p>	<p>Poniente 146 No. 696, Col. Industrial Vallejo, CDMX 02300, México</p>	<p>S/D</p>	<p>En su página de internet no dan datos de sobre el tipo de maquinaria que utilizan ni el tonelaje procesado al día ni número</p>	<p>México</p>

				de empleados.	
Corporación Telch				Sin datos en su página de internet.	
Fortune Plastic Metal de México	1	66626 Ciudad Apodaca, Nuevo León México	S/D	En su página de internet no dan datos de sobre el tipo de maquinaria que utilizan ni el tonelaje procesado al día ni número de empleados.	Brooklyn NY
Global Plastics de México	1	Carretera Arandas-Tepatitlán km 2 47180 Arandas, Jalisco, México	S/D	en su página de internet no dan datos de sobre el tipo de maquinaria que utilizan ni el tonelaje procesado al día ni número de empleados.	México
GMP BV (Multiplástico)	2 Colonia de la mambra de Orís, estratégica mente situada a pie de autovía, a 80 km de Barcelona y 100 km de Francia. Tehuacán, Puebla y CDMX, México	1.- Tehuacán, Puebla. 2.- Ciudad de México	S/D	En su página de internet no dan datos de sobre el tipo de maquinaria que utilizan ni el tonelaje procesado al día ni número de empleados.	Barcelona
Greenpet	1	Veracruz	S/D	En su página de internet no	Italia

		Framboyanes lote 3 Manzana 4 Bruno Pagliai		dan datos de sobre el tipo de maquinaria que utilizan ni el tonelaje procesado al día ni número de empleados.	
Industrias Reunidas	1	Av. Paseo de las Palmas 765, Lomas de Chapultepec III Sección Miguel Hidalgo, 11000 Ciudad de México, México	S/D	En su página de internet no dan datos de sobre el tipo de maquinaria que utilizan ni el tonelaje procesado al día ni número de empleados.	México
Materias Primas y Productos Terminados	1 14 distribuidor	Cerro de Mayka 360- 2, Lomas de Chapultepec, CDMX, México	S/D	En su página de internet no dan datos de sobre el tipo de maquinaria que utilizan ni el tonelaje procesado al día ni número de empleados.	México
Mega Empack	5	1.- Acceso III no.9, Benito Juárez, 76120 Santiago de Querétaro, Qro. 2.- Camino a Av. Lomas de Tejeda 500, Jardines de Tlajomulco, 45640 Tlajomulco de Zúñiga, Jal. 3.- Calle 60, diagonal parque 479, industrial, 97139 Mérida, Yuc.	S/D	En su página de internet no dan datos de sobre el tipo de maquinaria que utilizan ni el tonelaje procesado al día ni número de empleados.	México

		4.- Av. Anillo Perif. Nte. 3005, el saucito, 78110 San Luis, S.L.P. 5.- 63000, Av. Insurgentes 1100, los llanitos, Tepic, Nay.			
Moldes, Robots y Máquinas para Inyección (Axiomatec)	1	Av. Ignacio Sepúlveda #108, edificio 1, sección 3 parque industrial kalos encarnación, Apodaca NL, México	S/D	En su página de internet no dan datos de sobre el tipo de maquinaria que utilizan ni el tonelaje procesado al día ni número de empleados.	México
Nexo Plastics México	1	Calle industria 23, centro de Azcapotzalco, Azcapotzalco, 02000 Ciudad de México, México	S/D	En su página de internet no dan datos de sobre el tipo de maquinaria que utilizan ni el tonelaje procesado al día ni número de empleados.	S/D
Películas Biodegradable de México (Bio Bag)	1	7ª. avenida No. 1 Col. Xacopinca en el municipio de Tultepec, Estado de México, México.	S/D	En su página de internet no dan datos de sobre el tipo de maquinaria que utilizan ni el tonelaje procesado al día ni número de empleados.	México
Tecnorem	1	Otumba, Tizayuca, Hidalgo	S/D	En su página de internet no dan datos de sobre el tipo de	México

				maquinaria que utilizan ni el tonelaje procesado al día ni número de empleados.	
Wood McKenzie de México	1	Paseo de la Reforma No. 483 Col. Cuauhtémoc, Del. Cuauhtémoc CDMX, México	S/D	En su página de internet no dan datos de sobre el tipo de maquinaria que utilizan ni el tonelaje procesado al día ni número de empleados.	S/D

II.3.- El alcance de la presente investigación es doble

En esta sección se presenta el alcance para la población que puede tener este producto [II.4]:

Alcance poblacional.- La maqueta y prototipo son a nivel localidad rural, están basados en un sistema mecánico con el cual podemos reciclar Polietileno de Alta Densidad en unidades poblacionales de 10 mil habitantes o menos (Localidades rurales, *INEGI*). La maqueta y el prototipo desarrollados se incorporarán en el diseño de un proyecto a nivel municipal para la gestión sostenible de los residuos plásticos a través de máquinas de fácil adaptación y manejo.

Alcance de investigación.- Identificación de futuras líneas de investigación en una la gestión sostenible de los residuos plásticos a unidades poblaciones como las localidades rurales para el fomento a la recuperación y reciclaje de residuos plásticos.

II.4.- Residuos plásticos a nivel mundial

La magnitud actual del consumo de plásticos a nivel mundial, así como, su utilización en diferentes sectores industriales parece comunicar que la historia de este material es la historia de una revolución industrial, silente y continúa dada su amplia gama de propiedades que le permiten estar en objetos que se tienen en casa, oficina, automóviles, equipo médico, construcción de inmuebles, etc. Se elaboró una tabla con 6 de los plásticos sintéticos más utilizados para mostrar algunos

ejemplos de objetos de nuestra vida cotidiana elaborados con estos materiales (plásticos sintéticos) y si es posible reciclarlos, así como la viabilidad económica de hacerlo [II.5].

Tabla II.3.- Lista de plásticos que más se utiliza en nuestra día a día [II.5]

Nombre del plástico	Siglas	En cuáles objetos se encuentra este tipo de plástico	Es posible reciclar este tipo de plástico y económicamente es viable
Tereftalato de polietileno	<i>PET</i>	Este es el plástico que podemos encontrar más comúnmente en envases de alimentos como botellas de agua, refrescos, jugos, aceites, etc.	Sí
Poliétileno de Alta Densidad	<i>PEAD (HDPE)</i>	envases de detergentes, botellas de leche, garrafas y bolsas de plástico.	Sí
Policloruro de Vinilo	<i>PVC</i>	Interiores de automóviles, juguetes para niños, envoltorios de alimentos, tuberías, mangueras. En medicina se utiliza en catéteres y bolsas para sangre.	Muy difícil
Poliétileno de baja densidad	<i>PEBD (LDPE)</i>	Se utiliza en las bolsas de plásticos de los alimentos congelados, la mayoría de las envolturas de plástico y en algunas botellas.	Es factible, se recicla para hacer bolsas de supermercado
Polipropileno	<i>PP</i>	Recurrente en pajitas o popotes, envases de yogures y mantequilla. Resiste al calor y sirve de barrera contra la humedad, la grasa y productos químicos. Se utiliza en sobres para sopas, alfombras para exteriores, biberones, pañales desechables, etc.	Su reciclaje es muy complicado por lo que no se suele reciclar.
Poli estireno	<i>PS</i>	Se utiliza prácticamente para todo dependiendo de su forma de elaboración, desde material aislante para edificios hasta recipientes para comida y cubiertos desechables.	Se puede reciclar, pero hacerlo es económicamente inviable.

En la tabla anterior es posible observar cómo los plásticos sintéticos más utilizados son reciclables y son económicamente viables. Por lo anterior, este trabajo de investigación se centrará en el polietileno de alta densidad (*HDPE* por sus siglas en inglés).

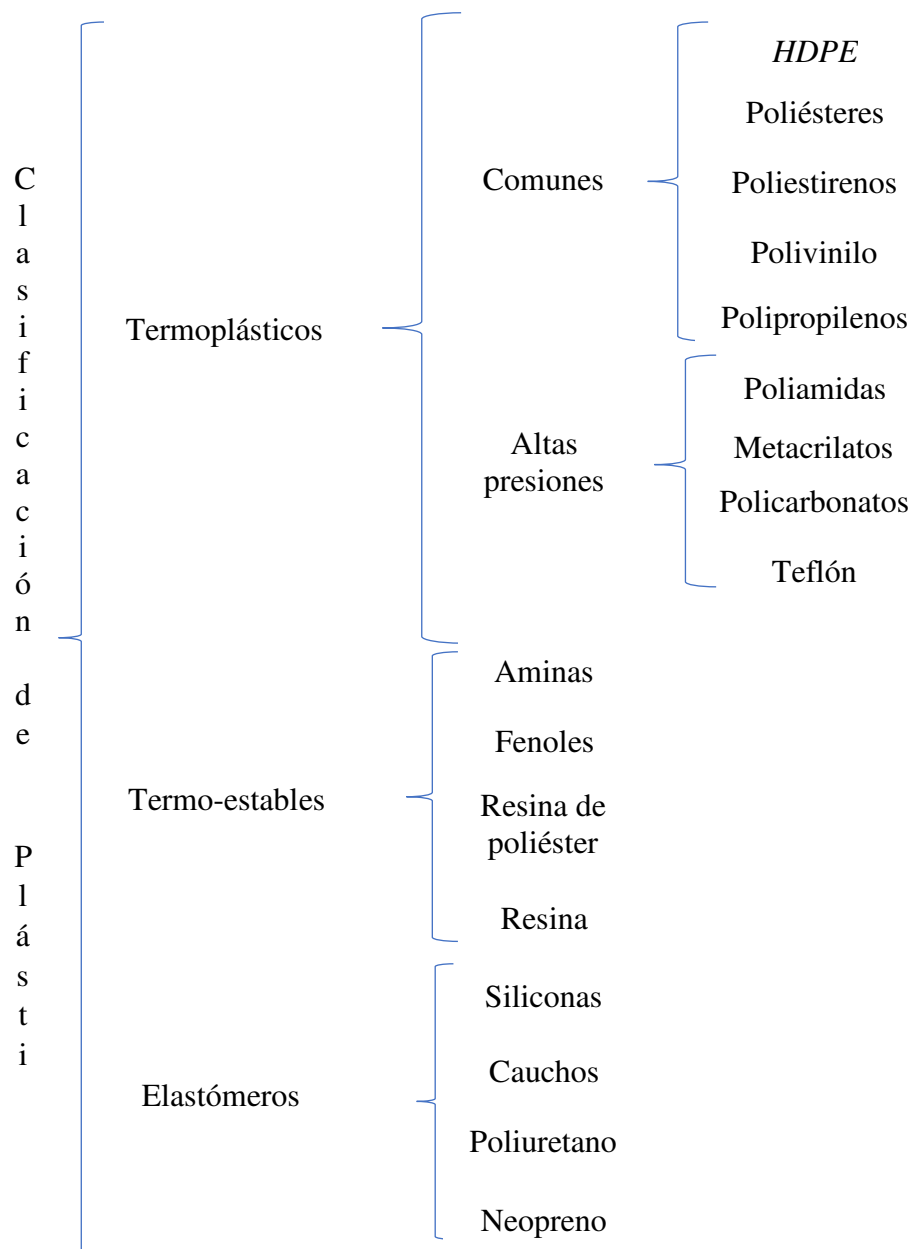


Figura II.2.- División de los plásticos

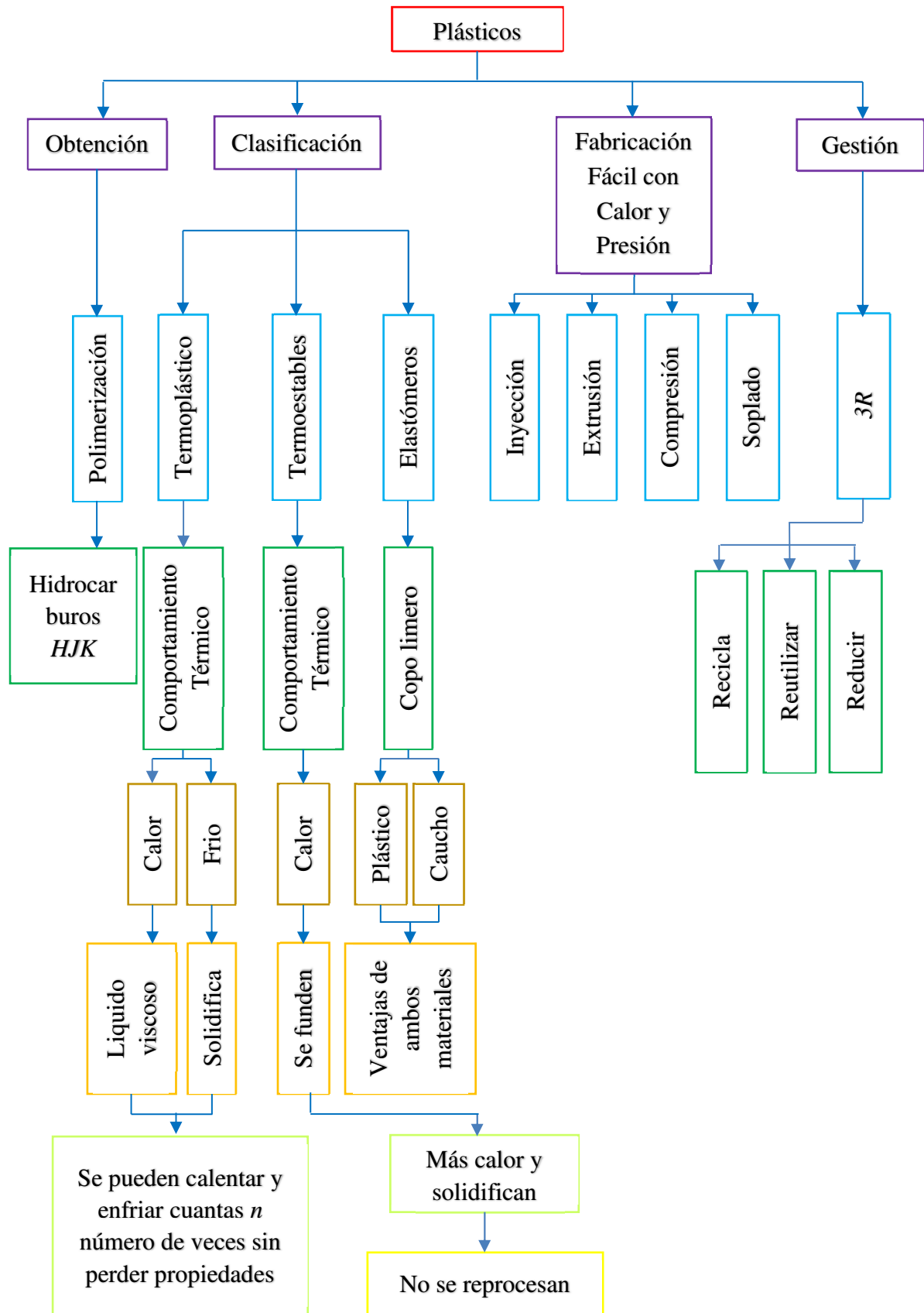


Figura II.3.- Clasificación de los plásticos

Se sabe que el origen de los plásticos industriales se ubica en la segunda mitad del Siglo XIX. Sin embargo, no será sino hasta la Segunda Guerra Mundial (1939-1945) que comience a masificarse su uso y poco a poco ocupar el lugar que hoy tiene en nuestro día a día [II.6]. Pues su consumo ha rebasado al de otros materiales, como los metales, gracias a su ligereza, resistencia, transparencia y costo. No obstante, el destino final de éstos representa un reto para los países. Por lo anterior, se muestra el aumento en la producción de plásticos sintéticos de 1950 a 2014. Es decir, en 54 años, a nivel mundial, se pasó de producir dos millones de toneladas de plástico a 367 por año, en 2014. Este aumento se debe en gran parte a la diversidad de actividades en las que son utilizados los plásticos (Figura II.4) [II.7].

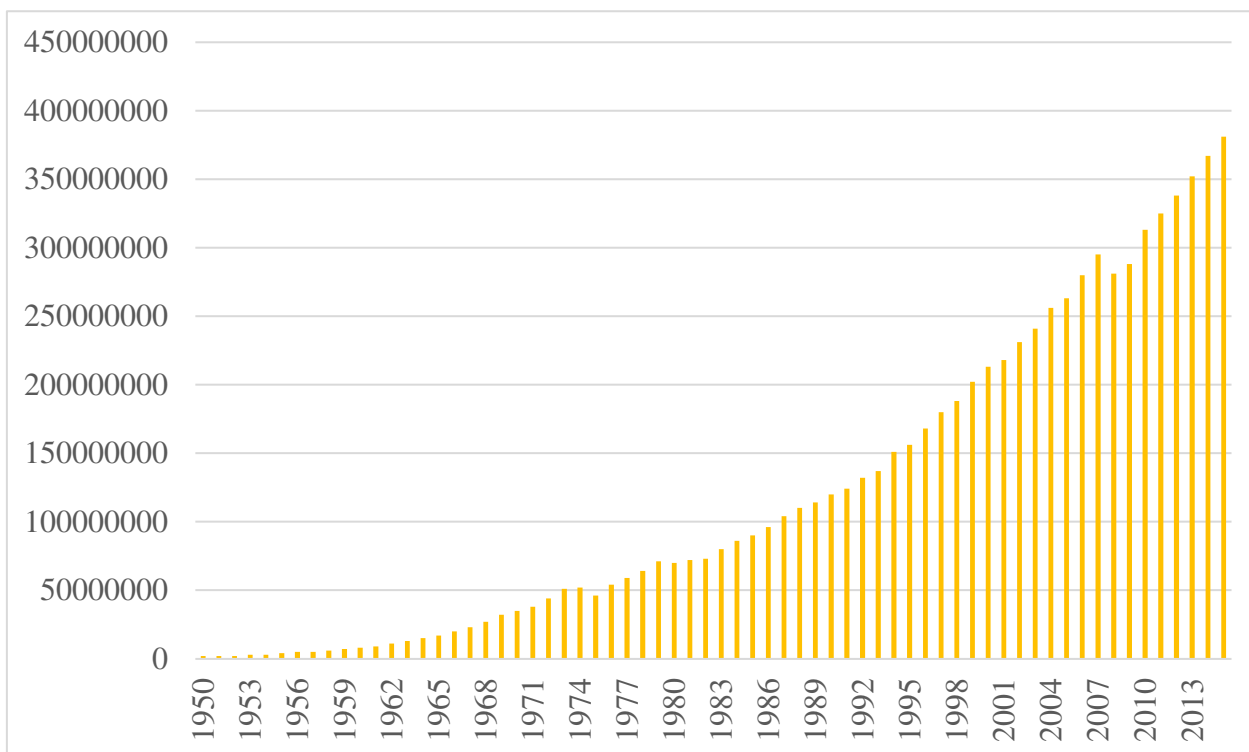


Figura II.4.- Producción mundial de plásticos (millones de toneladas) [II.7]

La otra cara de la moneda del auge del plástico es su vida útil y destino final. Si bien este material parece ser omnipresente, no todos tienen la misma vida útil y destino final, siendo una repercusión directa de esta producción masiva el deterioro del medio ambiente y de la salud de las personas (Figura II.5 y Figura II.6) [II.7 y II.8].

Los datos para 2015 respecto a la producción de plástico para cada sector industrial se pueden observar en la Tabla II.4 [II.7].

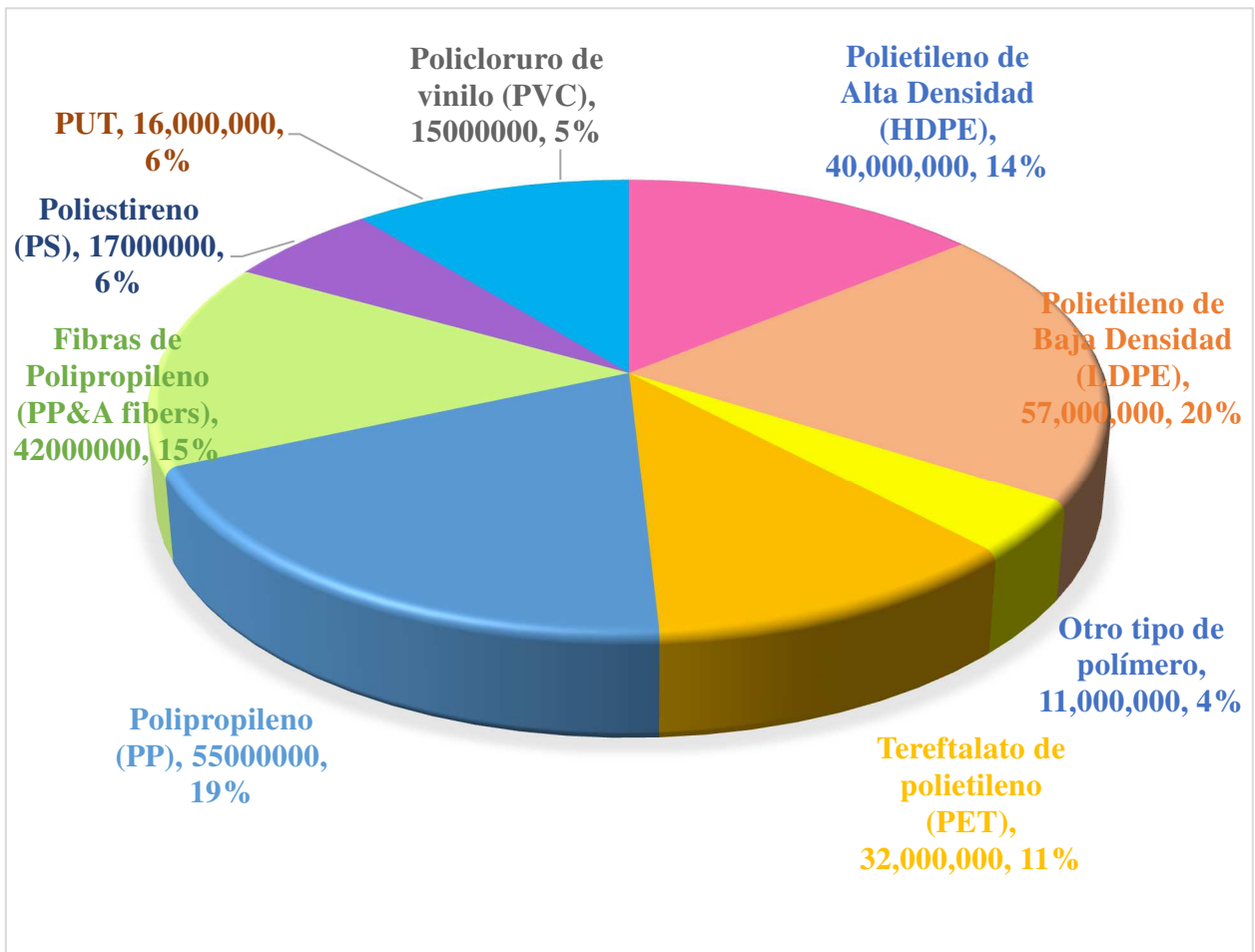


Figura II.5.- Residuos plásticos por tipo de plásticos 1980 a 2015 [II.7]

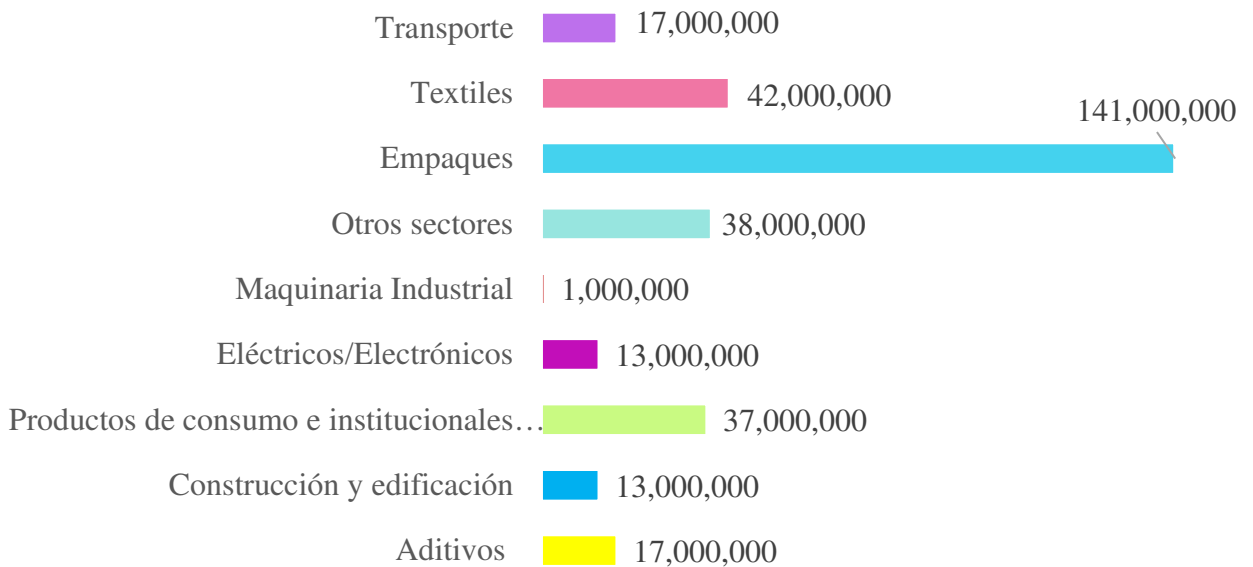


Figura II.6.- Generación de residuos plásticos por sector industrial (millones de toneladas) (toneladas) [II.8]

Tabla II.4.- Generación de residuos plásticos por sector industrial [II.8]

Sector industrial	Generación de residuos plásticos por sector industrial (mil toneladas)	Porcentaje	Vida útil del plástico
Aditivos	17 000 000	6%	
Construcción y edificación	13 000,000	4%	35 años
Productos de consumo e institucionales (Diferentes a los industriales)	37 000 000	12%	3 años
Eléctricos/Electrónicos	13 000 000	4%	8 años
Maquinaria Industrial	1 000 000	0%	20 años
Otros sectores	38 000 000	12%	5 años
Empaques	141 000 000	44%	6 meses de vida
Textiles	42 000 000	13%	5 años
Transporte	17 000 000	5%	13 años

Sobresale el sector de los empaques con poco más del 40% de la producción de plástico anual, material con una vida útil promedio de 6 meses. Vida corta que, además como lo esquematizamos en la tabla, para las envolturas se utiliza polietileno de baja densidad. Plástico que, aunque es reciclable, este proceso es más frecuente en el Tereftalato de polietileno. La Figura II.7 muestra la comparación entre los residuos plásticos y su vida útil y se puede observar como en el punto opuesto a los empaques, se encuentra el sector de la construcción, que produce plásticos con una vida útil de 35 años [II.9].

La *ONU Medioambiente* reveló que el 79 % de la basura generada por plástico se encuentra en vertederos o tirada en el medioambiente y sólo el 9 % se recicla y el 12 % se incinera. Hasta 1980 el destino final para los plásticos era desecharlos y será casi una década después, 1989, que el reciclaje sea una opción de destino final, sin embargo, como permite observar la gráfica hasta hace cinco años el reciclaje ocupaba y ocupa el último puesto, aún por debajo de la incineración [II.9].

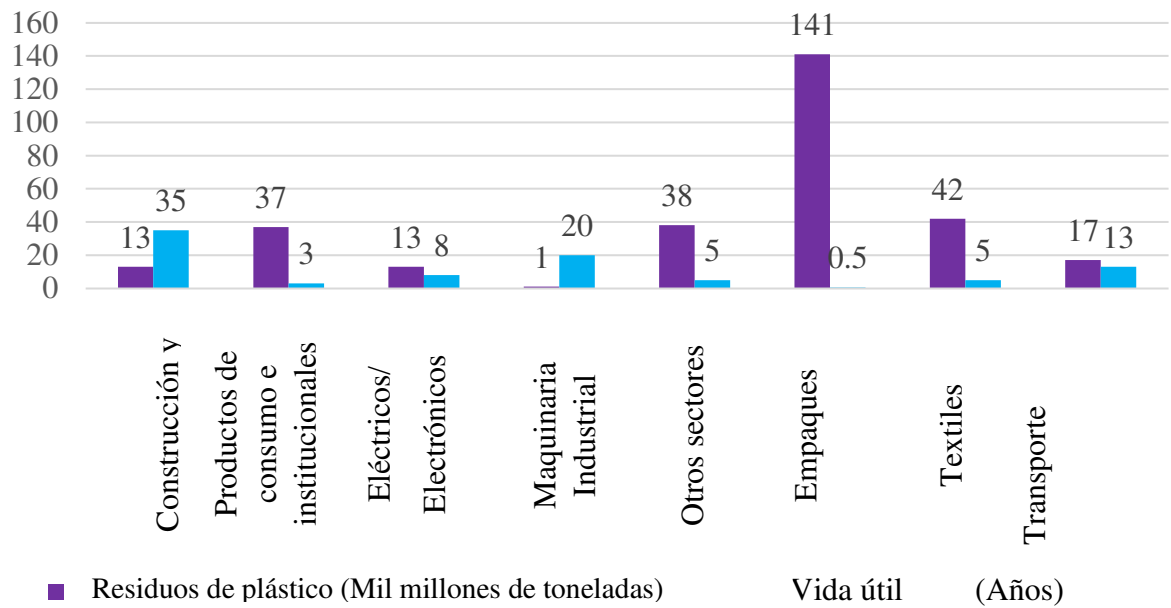


Figura II.7.- Relación residuos plásticos contra vida útil [II.4]

La Asamblea de Naciones Unidas para el Medio Ambiente ha señalado que le preocupa que los desechos, en particular los desechos plásticos, no se gestionan de manera eficaz en todos los Estados miembros, pues la mayor parte termina en vertederos y el medio ambiente, siendo el mar el que presenta elevados y crecientes niveles de basura, en especial basura plástica. La contaminación marina es un problema grave a nivel mundial por la presencia en la cadena alimentaria de plásticos [II.4].

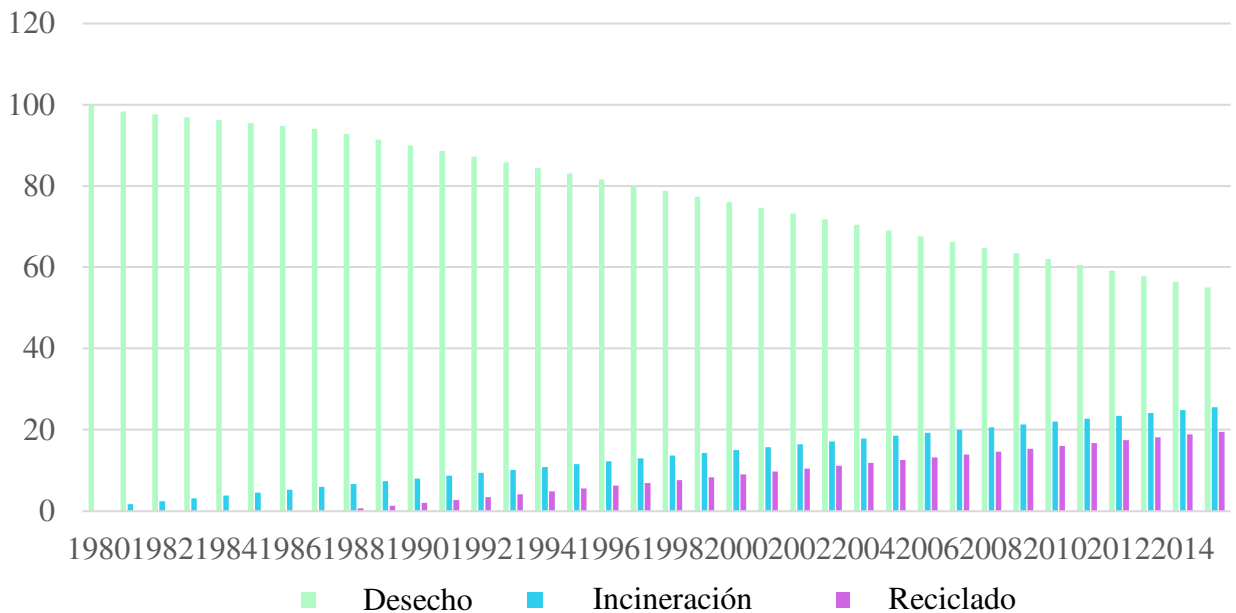


Figura II.8.- Destino final de los residuos plásticos de 1980 a 2015 [II.18]

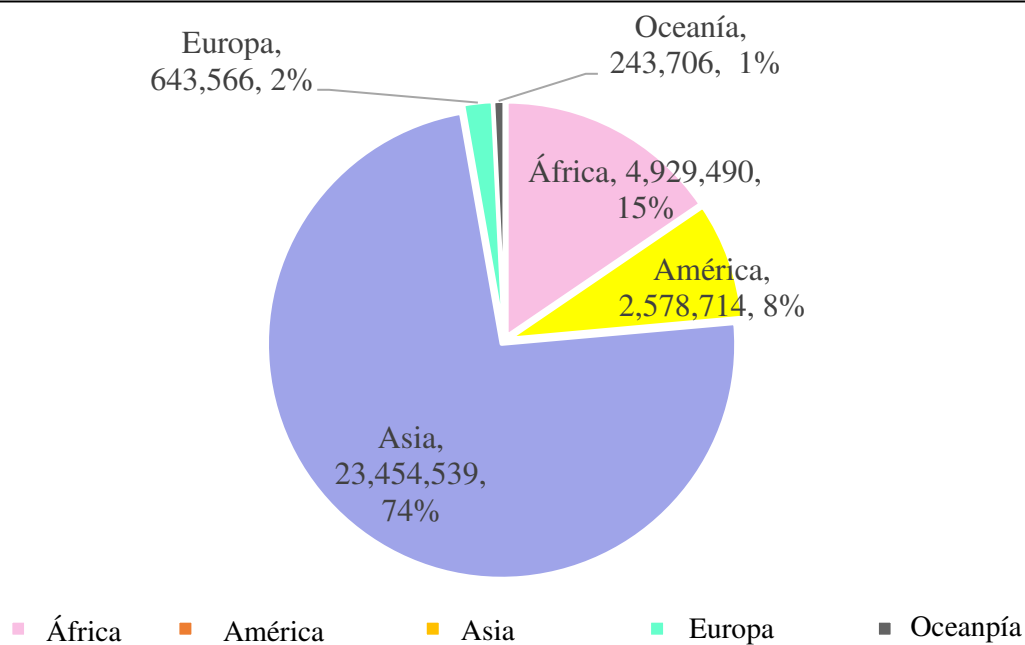


Figura II.9.- Mal manejo de residuos sólidos por Continente, 2010 [II.4]

II.5.- Política pública de la gestión de los residuos en México

El 15 de mayo de 2020, el gobierno federal a través de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (*SEMARNAT*), emitió el *Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de los Residuos*, en él se establece que éstos estarán clasificados en [II.10]:

1. Residuos peligrosos.
2. Residuos sólidos urbanos.
3. Residuos de manejo especial.

La *Constitución Política de México* y la *Ley General para la Prevención y Gestión Integral de Residuos (LGPGIR)* establecen las competencias y atribuciones que se otorgan a los distintos órdenes de gobierno en materia de residuos [II.11 y II.13]. En este orden de ideas, los residuos sólidos urbanos son atendidos por las entidades municipales; los residuos de manejo especial son atribución de las autoridades estatales; y los residuos peligrosos son de atención federal.

II.6.- Regulación de los residuos plásticos

México cuenta con un marco regulatorio e instrumentos de política pública, tales como los Programas Nacionales en materia de residuos, con los que se busca fomentar su valorización y minimizar el impacto en el medio ambiente y salud humana.

II.6.1.- Legislación aplicable

La legislación aplicable en este país y por el momento se encuentra reflejada de la siguiente manera:

- Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos [II.11].- Artículo 4; Toda persona tiene derecho a un medio ambiente sano para su desarrollo y bienestar. El Estado garantizará el respeto a este derecho. El daño y deterioro ambiental generará responsabilidad para quien lo provoque en términos de lo dispuesto por la ley.
- Ley General para la Prevención y Gestión de los Residuos [II.12].- Artículo 7; Son facultades de la Federación:
 - I. Formular, conducir y evaluar la política nacional en materia de residuos...
 - XI. Promover, en coordinación con los gobiernos de las entidades federativas, de los municipios, de otras dependencias y entidades involucradas, la creación de infraestructura para el manejo integral de los residuos con la participación de los inversionistas y representantes de los sectores sociales interesados;
 - XXI. Diseñar y promover, ante las dependencias competentes, el establecimiento y aplicación de incentivos económicos, fiscales, financieros y de mercado, que tengan por objeto prevenir o evitar la generación de residuos; su valorización; su gestión integral y sustentable, así como prevenir la contaminación de sitios por residuos y, en su caso, su remediación;
 - XXV. Convocar a entidades federativas y municipios, según corresponda, para el desarrollo de estrategias conjuntas en materia de residuos que permitan la solución de problemas que los afecten,

El *Diagnóstico Básico* para la *Gestión Integral de los Residuos*, clasifica un buen número de objetos fabricados con polietileno de alta densidad como residuos de manejo especial, con base en la *NOM-161-Semarnat- 2011* [II.13], que establece como residuos de manejo especial a los que se generan en los procesos industriales, actividades comerciales y de servicios, como subproductos no deseados o como productos fuera de especificación, éstos. Son residuos sólidos urbanos, pero que por sus volúmenes de generación superiores a 10 toneladas por año o su equivalente en otras unidades, se convierten en residuos de manejo especial. El *Diagnóstico* señala como generadores de alto volumen de residuos a las tiendas de autoservicio, centrales de abasto, mercados públicos y ambulantes. Por lo que, sus residuos plásticos son considerados de manejo especial; envases metálicos, envases y embalajes de papel y cartón, envases de vidrio, envases de tereftalato de

polietileno (*PET*), envases de polietileno expandido (*unicel*), tarimas de madera, residuos orgánicos y películas de polietileno para embalaje (*playo*). Derivado de lo anterior algunas entidades federativas han realizado esfuerzos por reducir el volumen de residuos plásticos, destacan.

Tabla II.5.- Política de prohibición de plásticos [II.14]

Estado	Año	Nivel de gobierno	Política	Aspectos Importantes
Querétaro	2018	Local	Prohibición	Tipo: Prohibición de bolsas de plástico desechables la Ciudad de Querétaro (Reyes, 2018). Impacto: No hay informaciones disponibles
Ciudad de México	2010	Local	Prohibición y gravamen entraron en vigor	Tipo: Los minoristas en la Ciudad de México deben cobrar por las bolsas de plástico, que por ley tienen que ser biodegradables Impacto: No hay informaciones disponibles
Ciudad de México	2020	Local	Prohibición	Tipo: Prohibición de la comercialización, distribución y entrega de bolsas de plástico, en los puntos de venta de bienes o productos excepto si son compostables. Impacto: No hay informaciones disponibles

A pesar de esfuerzos legislativos, para 2017 el *INEGI* publicó cifras poco alentadoras de los productos desechables de mayor consumo en México. El *Módulo de Hogares y Medio Ambiente* en su encuesta de 2017 mostró, tras encuestar a 33 millones 369 viviendas, que las bolsas de plástico registran el mayor consumo, le siguen las botellas de agua o refrescos y los rastrillos [II.15].

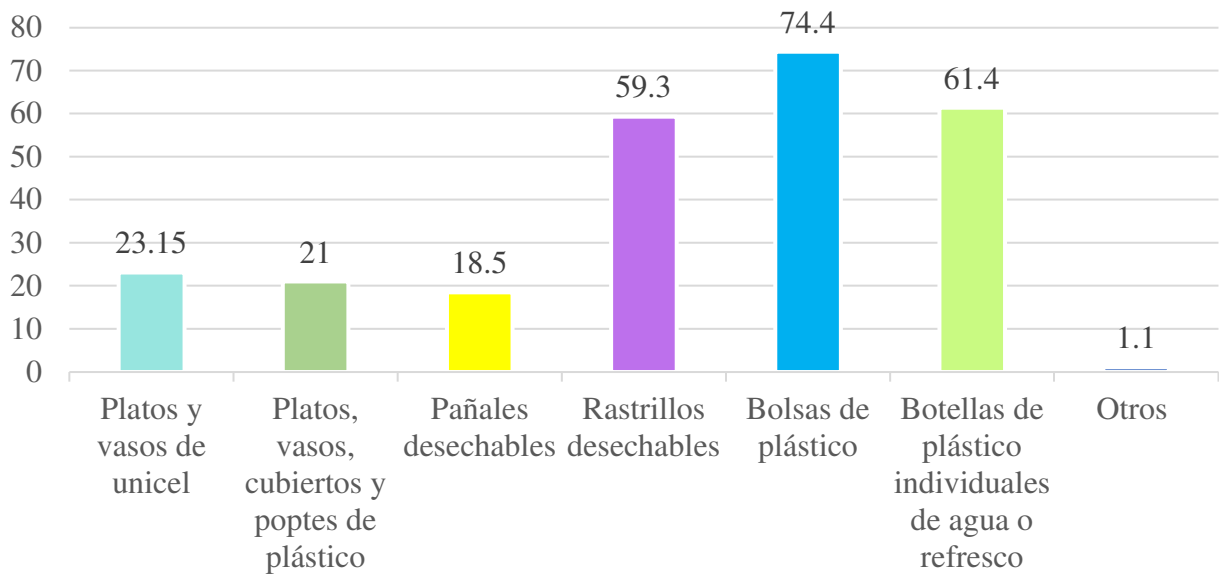


Figura II.10.- Consumo de productos desechables en hogares

II.6.2.- Problemáticas con los residuos en México

México presenta serios problemas de contaminación por la gestión inadecuada de residuos. Actualmente se generan más de 44 millones de toneladas anuales. De éstos, los residuos que mayores problemas generan al ambiente, sin ser los únicos, son los plásticos [II.10].

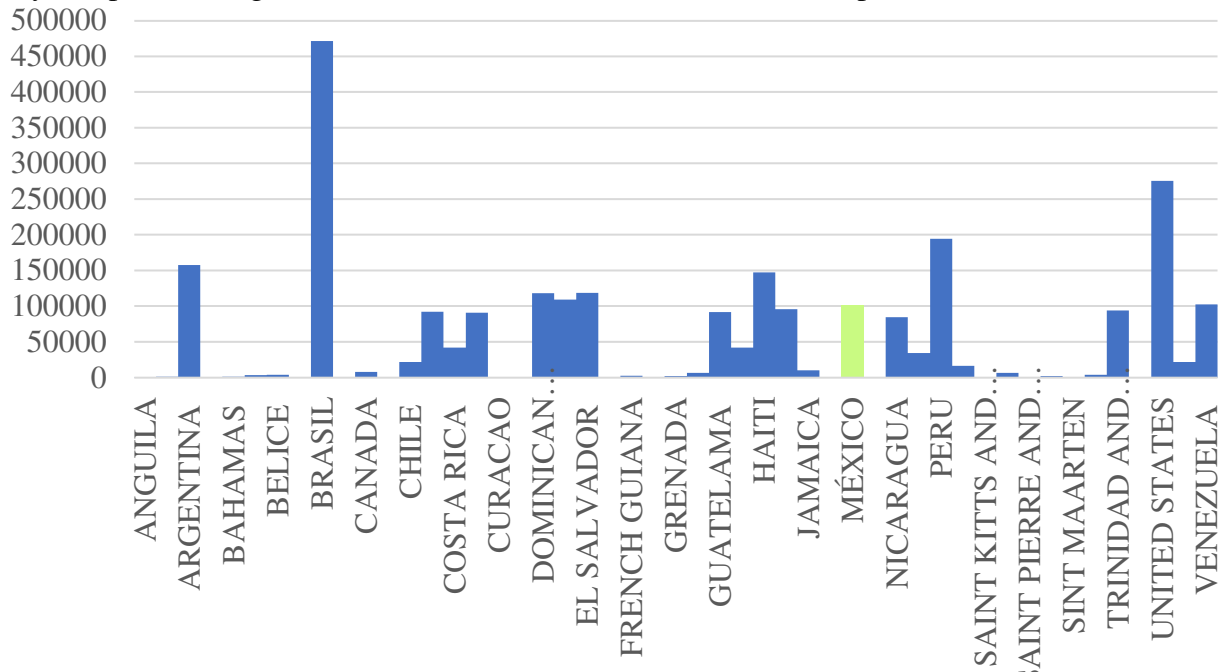


Figura II.11.- Mala gestión de residuos plásticos en países de América

México ocupa la décima posición en el mal manejo de sus residuos plásticos, tras países como Venezuela, Perú, Estados Unidos y Brasil, quien encabeza esta lista. México, es uno de los países

que consume más plástico en el mundo, por el alto consumo de agua embotellada (12° lugar) [II.10]. Por otro lado, el 8% de la producción mundial de petróleo es para generación de plásticos [II.10]. México es uno de los principales productores de plástico con más de 9 mil millones de botellas de plástico por año [II.10]. Estas cifras son alarmantes, porque los plásticos son tratados casi de manera inmediata como basura, una vez utilizados para el cumplimiento de su función. Rara vez son introducidos nuevamente a la economía. Es decir, se carece de políticas públicas en materia de economía circular.

Los plásticos se pueden encontrar en cualquier producto, la mayor parte de ellos se utiliza por un periodo corto y se desechan sin volverse a utilizar o a reciclar. Algunos de los plásticos en el mercado contienen elementos o sustancias tóxicas que perjudican la salud humana o que incluso, al ser desechados en ríos y océanos, contaminan millones de litros de aguas y perjudican a todo el ecosistema. Se estima que los plásticos representan entre el 80% y el 85% del total de los residuos marinos encontrados en las playas. De acuerdo con el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), 67.7% de los hogares reutilizan las bolsas de plástico, pero el 56.4% no separan la basura. El *INEGI* señala que existen 238 rellenos sanitarios en los que se dispone el 70% de los residuos generados, en 1 643 tiraderos a cielo abierto reportados, se dispone del 25% de los residuos; y el resto (5%), es residuo que se recicla o valoriza [II.15].

II.6.3.- Problemas que enfrenta México

México genera más de 44 millones de toneladas anuales de residuos y se espera que este número alcance 65 millones para el año 2030. En México, existe un ineficiente manejo de los recursos, falta de reglas claras e incentivos de mercado para su valorización por parte de privados; otro problema es la dispersión geográfica de la población, ya que el territorio nacional presenta condiciones geográficas complejas y muy distintas en términos de logística. Lo cual, se refleja en afectaciones en el tejido social, informalidad, pobreza y salud. La operación de rellenos y tiraderos es inadecuada y representa un riesgo a la salud de la población y al medio ambiente. Por ejemplo, en la última etapa del manejo de residuos, se observa que al recibir en los sitios de disposición final una gran cantidad de *Residuos de Manejo Especial*, se provoca que éstos se acumulen rápidamente junto con los sólidos urbanos y la vida útil de dichos sitios de disposición, terminen en un tiempo menor al proyectado. Esto es de particular importancia cuando se tienen rellenos sanitarios que cumplen con la *NOM-083-SEMARNAT-2003* [II.16], ya que esta reducción en la vida útil ocasiona

la necesidad de localizar un nuevo sitio que cumpla con lo indicado en la mencionada norma. Aspecto que cada vez es más difícil de encontrar.

Los impactos por el uso de plásticos de un solo uso varían de acuerdo al número de habitantes de cada uno de los estados de la república. Si se considera que este punto es muy importante. Sin embargo, parece que sólo es parte de una retórica, porque la relación territorio/uso de plástico por número de habitantes nunca se ha considerado para crear política pública. Desde el punto de vista del autor, es necesario implementar unidades poblacionales que permitan generar consensos respecto al tratamiento de los residuos. En este aspecto, es imprescindible resaltar la labor que ha realizado la comunidad purépecha en el municipio de Cherán, Michoacán, a través de su propuesta ecológica *Cero basura* [II.17]. El éxito ambiental de Cherán y su aislamiento de la incesante violencia de la región ha inspirado incluso un concepto popularizado en círculos ambientalistas: *cheranizarse*. La comunidad misma tuvo conciencia de la necesidad de acabar con la basura, se organizó para tener un medio ambiente sano, sin necesidad de las autoridades, quienes posteriormente apoyaron la iniciativa de la comunidad.

En el recién publicado *Diagnóstico Básico para la Creación Integral de los Residuos* que en sus seis principios rectores [II.10]:

1. Desarrollo sustentable.- Considerar la Integralidad del desarrollo del país, con aspectos económicos, sociales y ambientales.
2. Economía circular.- Establecer las bases y desarrollar los mecanismos e instrumentos para implementar un enfoque de economía circular que fortalezca la gestión sustentable de materiales, con una visión *cero residuos*.
3. Combate a la corrupción y transparencia en la gestión pública.- Prevenir y evitar la discrecionalidad en la prestación y cobro de servicios.
4. Atención a poblaciones vulnerables y justicia social.- Dar capacitación y servicio a poblaciones aisladas y con pocos habitantes. Formación de cooperativas y grupos de trabajo para colaborar en una recolección, acopio y manejo de residuos.
5. Reducir el riesgo e impactos en la salud y medio ambiente.- Evitar la proliferación de enfermedades y efectos dañinos en la salud por el manejo inadecuado de los residuos, así como el riesgo e impactos en el medio ambiente.

6. Bienestar social y reducción de la desigualdad.- Ampliar la cobertura de servicios y atender las comunidades menores a diez mil habitantes.

Establecer mecanismos de coordinación y seguimiento para lograr la armonización y articulación con los programas y políticas relativos a la igualdad de género. Al revisar estos seis puntos se puede identificar que la economía circular es un concepto transversal en la política pública actual. Esto en concordancia con lo estipulado por organismos supranacionales como la *ONU*. A su vez, en la idea de economía circular subyace la idea de una gestión sostenible de los plásticos, no sólo pensando en su destino final, sino en todo su ciclo de vida para aumentar las modalidades de consumo y producción sostenibles. México retoma la idea anterior en el punto 5 de la hoja de *Ruta del Diagnóstico*, publicada con el nombre de *Visión Nacional hacia una Gestión Sustentable* [II.10]. El cual menciona la necesidad de transformar los tiraderos tradicionales de basura en bancos de materiales. Estos bancos se proveerán con los residuos provenientes de la recolección programada y diferenciada de los Organismos operadores y estarán abiertos al público en general para la adquisición de refacciones, materiales y sustancias que puedan servir como segundo uso o materias primas recicladas.

Se sabe que el factor económico es fundamental. Sin embargo, parece que la actual política de los residuos a pesar de su principio 4, *atención a poblaciones vulnerables y justicia social*, sólo parece enfocarse en generar recursos económicos a partir de una mirada vertical, en donde el gobierno marca el camino y la forma en que éste ha de construirse, mirada también compartida por la *ONU*. La *Asamblea de la Organización de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente* solicita a la *Directora Ejecutiva del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente* que, en colaboración con otros organismos, fondos y programas de la *Organización de las Naciones Unidas* emprenda las acciones siguientes [II.18]:

- a) Preste apoyo a los estados miembros que lo soliciten en la elaboración y aplicación de planes de acción nacionales o regionales para combatir las repercusiones ambientales de los productos de plástico desechables.
- b) Facilite y coordine el apoyo técnico y normativo a los gobiernos, especialmente los de los países en desarrollo que soliciten tal apoyo, la comunidad científica, las organizaciones no gubernamentales, el sector privado y otros interesados, respecto de las repercusiones ambientales de los productos de plástico desechables y la promoción

de soluciones innovadoras e inocuas ambientalmente para reemplazarlos, teniendo en cuenta la totalidad de sus repercusiones ambientales.

En el caso de México, desde nuestra opinión, para superar la mala gestión de los residuos plásticos es necesario mirar al país como un país intercultural. En el que diferentes formas de entender la vida convergen en un territorio. Por lo que es necesario, para contrarrestar los efectos negativos de los plásticos sintéticos. Además del programa de *3R*, que exista una mayor diversidad actores sociales, escuchar otras voces y conocer otras miradas con propuestas innovadoras para generar una relación más responsable con los productos plásticos. En nuestra opinión estas acciones requieren de un trabajo interdisciplinario en el que la Ingeniería contribuya con la generación de tecnología de participación colectiva. Debe existir una regulación integral que proteja a todos los bienes naturales que intervienen en el proceso de fabricación de plásticos, como lo es el agua o el aire. La industria debe ser responsable de la contaminación provocada a estos elementos naturales, pues si realmente se piensa en un a gestión sostenible de los residuos plásticos es indispensable pensar en la contaminación que genera la producción de plásticos a lo largo de todo su proceso de creación, no sólo una vez que fue utilizado.

II.7.- Sumario

En la tabla donde se mostró los plásticos sintéticos más utilizados para mostrar algunos ejemplos de objetos de nuestra vida cotidiana elaborados de estos materiales y si es posible que se reciclen, así como la viabilidad económica de hacerlo. Por lo anterior se mostró en una gráfica el aumento de la producción de los plásticos sintéticos de 1950 a 2014, es decir en 64 años, a nivel mundial, se pasó de producir dos millones de toneladas de plástico a 367 por año, en 2014. Este aumento se debe a en gran parte a la diversidad de actividades en las que son utilizadas los plásticos. México ocupa la décima posición en el mal manejo de residuos plásticos, tras países como Venezuela, Perú, Estados Unidos y Brasil, quien encabeza esta lista. Por ello es uno de los países que consume más plástico en el mundo dado el alto consumo del agua embotellada. Lo plásticos se pueden encontrar en cualquier producto, la mayor parte de ellos se utiliza por un periodo y se desechan sin volverse a utilizar. Se estima que los plásticos representan entre el 80% y el 85% del total de residuos marinos encontrado en las playas. De acuerdo con el Instituto Nacional de Estadística y Geografía, 67.7% de los hogares reutilizan bolsas de plástico. Pero el 46.4% no separan la basura. México genera más de 44 millones de toneladas anuales de residuos y se espera que este número alcance

65 millones para el año 2030. La operación de rellenos y tiraderos es inadecuada y representa un riesgo a la salud de la población y al medio ambiente.

II.8.- Referencias

- 1.- Budynas R., *Shigley's Mechanical Engineering Desing*, Ed. McGraw-Hill, pp 4-11, 2008.
- 2.- Shigley, J. y Uicker, J., *Teoría de Máquinas y Mecanismos*, Ed. McGraw-Hill, pp 2-3, 1999.
- 3.- ANIPAC, Asociados, Asociación Nacional de Industrias del plástico A.C., 2021.
- 4.- LARA M., *Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente*. Ed. Procuraduría Federal de Protección al Ambiente, 2003.
- 5.- Pharies D., *Reviews of Books*, Ed. Universidad de Newcastle Upon Tyne, 2006.
- 6.- Robinson, M., *Herencias de la Migración: Historias en Movimiento, Objetos y Hogar, Actas de Conferencias*. Ed. Universidad de Oxford, 2017.
- 7.- Ritchie H. y Roser M., *Contaminación Plástica.*, Ed. Nuestro mundo en datos, 2018.
- 8.- Fuhr, L., Fundación H, Schächtele, K., Sach, J., Hecher, S. y Appenzeller, L., *El Atlas del Plástico*, Ed. Fundación Heinrich Böll, 2020.
- 9.- Unenvironment.org., citado el 19 de marzo de 2021, Disponible en: <https://environmentassembly.unenvironment.org/pre-session-working-documents-unea-4>
- 10.- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, *Visión Nacional hacia una Gestión Sustentable: Cero Residuos*. Ciudad De México, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo y el Fondo para el Medio Ambiente Mundial (GEF). Pp.4-26, 2019.
- 11.- CRUZ R., de Hoyos Martínez J. y VILLAR A., *Análisis de los Instrumentos Institucionales en Relación a la Habitabilidad de la Vivienda en México*.
- 12.- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, *Diagnóstico Básico para la Gestión Integral de los Residuos*, Ed. Lucart Estudio S.A. de C.V., 2020.
- 13.- De la Federación, Diario Oficial. Norma Oficial Mexicana NOM-161-SEMARNAT-2011, *Que Establece los Criterios Para Clasificar a los Residuos de Manejo Especial y Determinar Cuáles Están Sujetos a Plan de MANEJO; el Listado de los Mismos, el Procedimiento para la Inclusión o Exclusión a Dicho Listado; así Como los Elementos y Procedimientos para la Formulación de los Planes de Manejo*; DOF: México City, México, 2013. En Congreso de la Unión. México. 2013.
- 14.- López I., *Eficacia de la Ley 30884 que Regula los Plásticos de un Solo Uso en el Mercado San José, Jesús María-2020*, Ed. Universidad César Vallejo, 2021.

-
- 15.- Org.Mx., citado el 23 de marzo de 2022, Disponible en:
http://Www.Inegi.Org.Mx/Contenidos/Saladeprensa/Boletines/2018/Grfiamdoamte/MOHOM A2018_06.Pdf
- 16.- DEL SITIO, Ambiental Para La Selección; *Operación, Monitoreo; De, Sitio De Disposición Final. Secretaria De Medio Ambiente Y Recursos Naturales.*
- 17.- Jennifer G., *La Rebelión Ecológica Del Pueblo De Cherán* , Ed. Animal político, 2019
- 18.- Raes J., *Financiando la Circularidad: Desmitificando las Finanzas para Economías Circulares*, Ed. Iniciativa Financiera del PNUMA, 2020.

Diseño de las maquinas; trituradora y extrusora

III.1.- Introducción

En el presente capítulo se puede observar y analizar el diseño mecánico de la trituradora y la extrusora para recuperación de polímeros de desperdicio. Lo anterior, se logra mediante el modelado de cada máquina con base a sus criterios correspondientes, para con su congruencia en las medidas calculadas se pueda obtener la producción esperada. El modelado de la trituradora se realiza a partir de proponer las cuchillas para facilitar el diseño mecánico de la máquina, ya que es necesario el cálculo de la fuerza generada. Por la cual, actúan las cuchillas y se logre el corte. La fuerza se obtiene de la característica propia del esfuerzo del material, esta característica los esfuerzos promedio de fluencia para *HDPE* y es el punto crítico base, que distingue a la trituradora para realizar su operación óptima. Teniendo un valor de 18.6 MPa [III.1], el que se presentará sobre el área propuesta que será de $71.1805 \times 10^{-6} \text{ m}^2$, al cual estará sujeto.

Para al análisis de las cuchillas se calculará la fuerza necesaria para que esto suceda (dicho corte se realice) y esta fuerza es igual a 1.33 kN. Posterior a este análisis, se realizará el diseño del eje, para el cual se tomará la fuerza de las cuchillas obtenidas como requerimiento para el cálculo analítico del momento necesario y con ello se obtendrá el esfuerzo combinado de la torsión y la flexión mediante un análisis numérico (*MEF*) que garantice la operación y sustente los criterios. Para los demás elementos o partes que conforman la máquina trituradora, se realizará por selección, como lo es, por ejemplo, el motor y la transmisión de movimiento. Sin embargo, esta selección se realizará por medio de los cálculos obtenidos previamente sobre el eje y poder garantizar la transmisión de movimiento. por medio de la conjunción de diversos elementos se tendrá la operación de la máquina trituradora. Para el diseño de la extrusora se propondrá una relación *L/D* así se obtendrán los valores que sustentarán el diseño y selección de los demás componentes. Los cuáles, sólo se mencionarán gracias a que está normalizada su fabricación, difusión y promoción (cuentan con su hoja técnica y los criterios que sustentan su uso) que documentan la información de ellos. Por lo cual, solo es necesario que elegir y seleccionar los elementos que se requieren para corroborar el fin del diseño pretendido y garantizar su producción.

III.2.-Diseño de la trituradora

El modelado de la trituradora se realiza a partir de proponer las cuchillas para facilitar el diseño, ya que es necesario el cálculo de la fuerza generada por la cual actúan las cuchillas y se logre el corte. La fuerza se obtiene de la característica propia del esfuerzo del material, esta característica

es la resistencia a la tracción para *HDPE* y es el punto crítico base, que distingue a la trituradora para realizar su operación óptima, teniendo un valor de 18.6 MPa [III.1], el que se presentará sobre el área propuesta que será de $71.1805 \times 10^{-6} \text{ m}^2$, al cual estará sujeto.

Para al análisis de las cuchillas se calculará la fuerza necesaria para que esto suceda (dicho corte se realice) y esta fuerza es igual a 1.33 kN. Posterior a este análisis se realizará el diseño del eje, para el cual se tomará la fuerza de las cuchillas obtenidas como requerimiento para el cálculo analítico del momento necesario y con ello se obtendrá el esfuerzo combinado de la torsión y la flexión mediante un análisis numérico (*MEF*) que garantice la operación y sustente los criterios. Como se mostrará dentro los siguientes apartados.

III.3.- Descripción y alcance de la trituradora

Para la mejor comprensión y entendimiento del diseño y fabricación de la trituradora en la siguiente tabla se representará la descripción y alcance de la trituradora.

Tabla III.1.- Breve explicación de la trituradora

Objetivo	¿Qué hace la maquina?	¿Cómo lo hace?
A partir de los envases de desecho de polietileno, obtener como producto final hojuela.	La máquina parte el material gracias a la disposición de sus navajas, el tamaño final de este depende de los límites y del tamiz adecuado para el manejo en la extrusora.	Las cuchillas superan la resistencia al corte del material. Para poder así transformarlo en hojuela gracias a la acción que genera el motor. La cual es transmitida al eje y aprovechada por ellas.

III.3.1.- Antecedente del diseño de la trituradora

El producto final de la trituradora es la hojuela, la cual se obtiene mediante la acción de las cuchillas, aprovechando la energía del eje al que están acopladas, en consecuencia, como primer punto, la dimensión de la cuchilla se propone para facilitar el diseño y obtener. La fuerza para vencer la resistencia al corte y los parámetros que ayuden a seleccionar, elegir y corroborar al eje con los criterios que se requieren. Lo cual altera los valores del eje que se corroboraran con los criterios que se seleccionaron.

III.3.2.- Factores de diseño

Se tomará en cuenta y como base, la resistencia a la tensión del Polietileno de Alta Densidad (*PEAD*) que es de; $\sigma = 18.6 \text{ MPa}$ [III.1], como el punto más crítico.

III.4.- Proceso para el diseño de la trituradora

Teniendo en cuenta, que el fenómeno que actúa es el de corte por cizalla, el cual transmite la fuerza que necesita el eje íntegramente se considerara como una viga simplemente apoyada al árbol. Así, el eje de transmisión de potencia, considera para este hecho una carga paralela al filo de la cuchilla, de la cual se calculan las componentes en los ejes *x* y *y*, respectivos parámetros mecánicos base para la corroboración y el cálculo del diseño de las demás partes.

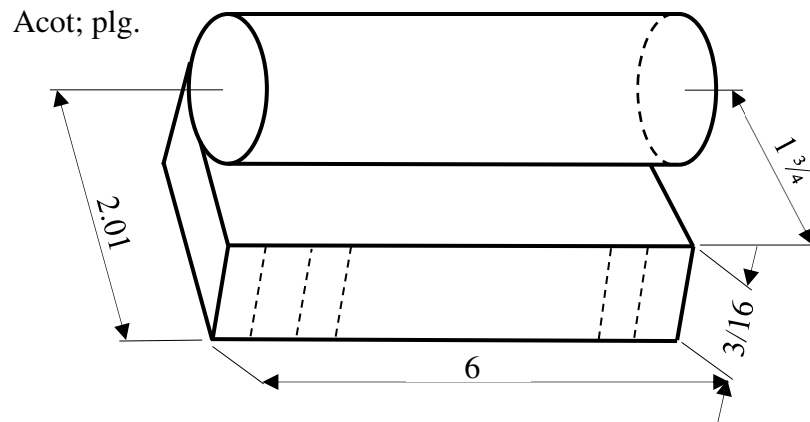


Figura III.1.- Esquema general de la cuchilla propuesta junto con el eje, también propuesto con sus respectivas medidas de la cuchilla

El punto crítico para la trituradora, será el de igualar o superar la resistencia a la tensión del material de *PEAD*. Considerando un área de la zona de corte en la caja de trituración, se establece el área de $71.1805 \times 10^{-6} \text{ m}^2$ (ya convertido el cálculo de pulgadas a metros). El diámetro propuesto del eje es de 31.81 mm que es igual 0.0381 m, dada la geometría propuesta de las cuchillas se establece un eje que tendrá que ser corroborado con los criterios mecánicos que lo avalen.

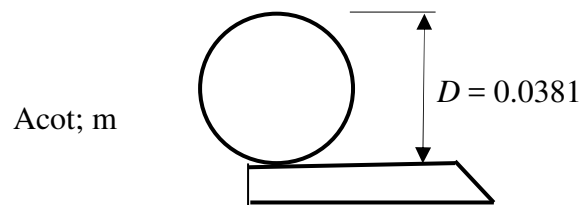


Figura III.2.- Esquema de la cuchilla propuesta (en la parte inferior) y el eje (parte superior).

III.5.- Propuesta para el diseño mecánico de la trituradora

A continuación, de manera general, se presenta una propuesta de metodología para el diseño general de la máquina trituradora.

III.5.1.- Propuesta de la cuchilla para triturar

Inicialmente se considera como dato para desarrollar el diseño de la máquina la resistencia a la tensión del *PEAD*, ya que es el peor panorama o escenario que se le presentará a la trituradora al hacer su función. Dicho valor es de 18.6 MPa; dentro de las variables de diseño se propone esta área la cual habrá que considerar con su cálculo correspondiente:

$$\text{Área de corte o cuchilla igual a } 71.1805 \times 10^{-6} \text{ m}^2$$

Por lo consiguiente y de acuerdo a la fórmula siguiente se obtiene:

$$A = 71.1805 \times 10^{-6} \text{ m}^2$$

$$S_{yt} = \sigma_{max} = 18.6 \text{ MPa} = 18600000 \text{ N/m}^2$$

En consecuencia, dado que el esfuerzo máximo del material:

$$\sigma = \frac{F}{A}; \text{ despejando la fuerza } = F = \sigma * A \quad \text{III.1}$$

Donde; $F = 1334.70 \text{ N} = 1.33 \text{ kN}$

III.5.2.-Diseño del eje

Se realiza el diseño del eje, tomando la fuerza de las cuchillas obtenidas como requerimiento para el cálculo analítico del momento necesario y con ello se obtiene el esfuerzo combinado de la torsión y la flexión mediante un análisis numérico (*MEF*).

El límite elástico de un material se define como el esfuerzo máximo aplicable a un material antes de producir deformación permanente en el componente. El cual, está representado por el símbolo S_y o σ_y (S_{yt} si se obtiene de la prueba de tensión y S_{yc} si se obtiene de la prueba de compresión) [III.2]. En la siguiente Figura III.3 se muestran las características mecánicas del material que se va a aplicar para evaluar el eje que se va a desarrollar. Este tipo de propiedades se enmarcan en un cuadro rojo para facilitar su observación.

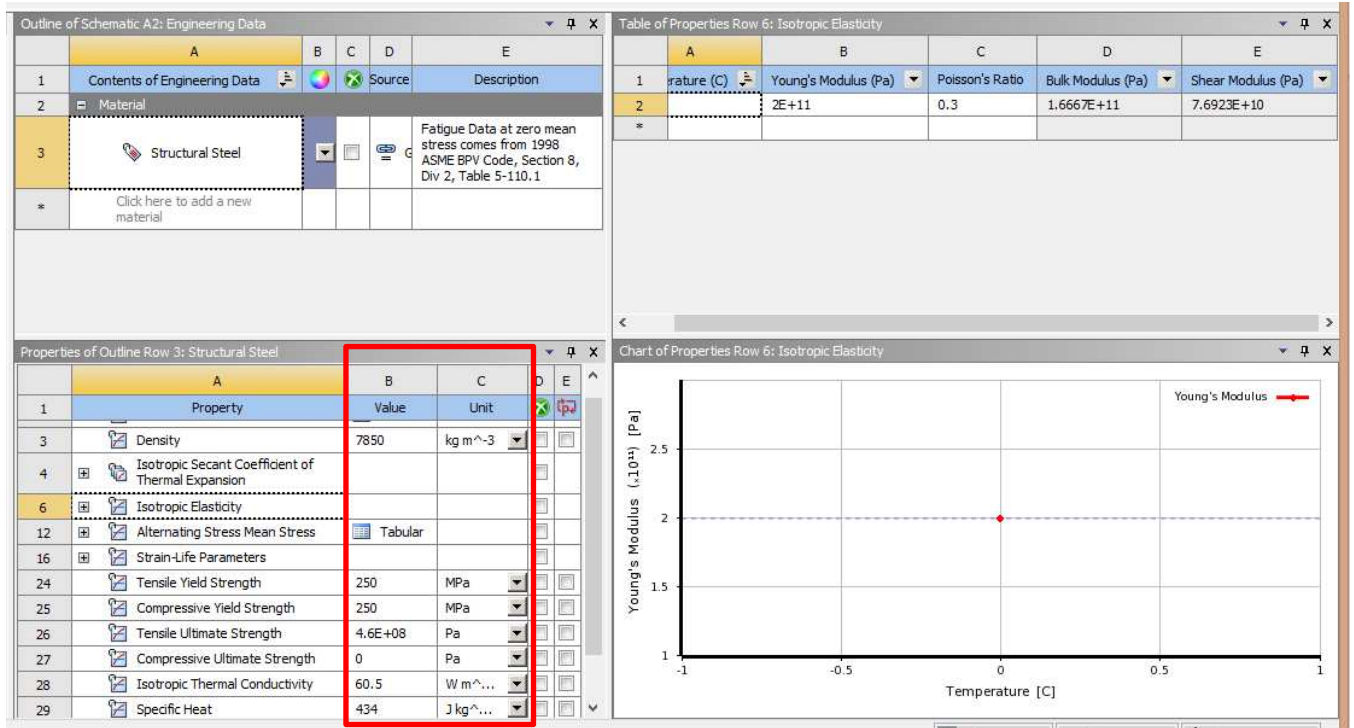


Figura III.3.- Propiedades del acero que se aplica para desarrollar el eje

III.5.2.1.- Desarrollo del trabajo analítico con respecto al momento para diseño del eje

Dada la propuesta del área de la cuchilla, el diseño del eje quedara bajo la interpretación del diagrama de cuerpo libre (Figura III.4). Con estos datos obtenidos, como base para el análisis se diseñó el eje. Así, se retoma el valor de la fuerza antes obtenida y para representarla en la siguiente figura, esta es la fuerza tangencial de la imagen.

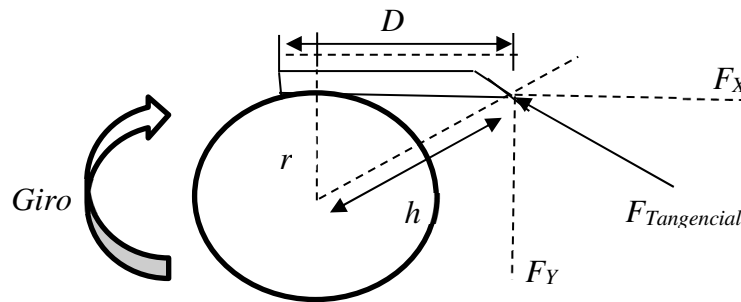


Figura III.4.- Representación de cómo actúan las fuerzas en el eje

Donde D = la distancia del centro del eje al extremo del filo de la navaja es igual 0.035 m, r = valor del radio del eje = 0.019 m. Cálculo de las fuerzas por triangulo semejantes.

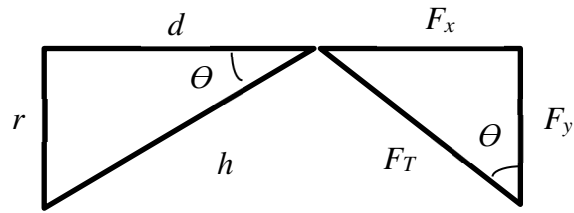


Figura III.5.- Representación gráfica de dos triángulos semejantes

$$F_T/F_y = h/d \tag{III.2a}$$

$$F_T/F_x = h/r \tag{III.2b}$$

De las fórmulas anteriores se cuenta con lo siguiente.

$$F_T = 1.33 \text{ kN}; r = 0.019 \text{ m}; d = 0.035 \text{ m}$$

Por el *teorema de Pitágoras* se obtiene la hipotenusa (*h*):

$$h = 3.9884 \text{ cm} = 0.0398 \text{ m}$$

A continuación, se calcula *F_x* y *F_y* con los dos valores anteriores:

$$F_x = F_t * r/h = 0.6349 \text{ kN} \tag{III.2c}$$

$$F_y = F_t * d/h = 1.169 \text{ kN} \tag{III.2d}$$

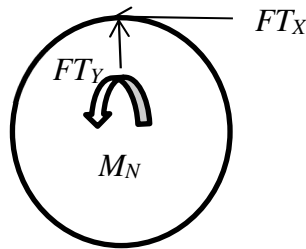


Figura III.6.- Correlación del momento (*M_N*) con la fuerza

Para el cálculo del momento y simplificar los cálculos se desplazan las fuerzas al eje con su respectivo momento (Figura III.6). De lo anterior se tiene que el momento N es igual a FT_y multiplicado por d .

$$M_n = Fy * d \quad \text{III.3}$$

Donde:

$$Fy = 1.169 \text{ kN} \quad \text{y} \quad d = 0.035 \text{ m}$$

Sustituyendo:

$$M_N = 1.169 \text{ kN} * 0.035 \text{ m} \quad \text{III.3a}$$

$$M_N = 0.0409 \text{ kN m}$$

Dado lo anterior se puede deducir que:

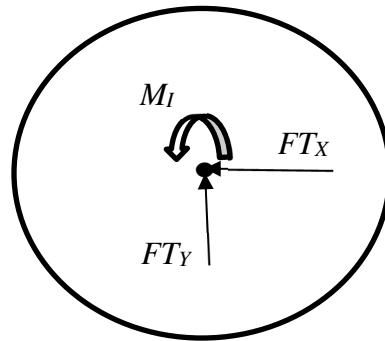


Figura III.7.- Trasladando fuerzas y momentos resultantes en el centro

$$M_I = M_N + (FT_X * r) \quad \text{III.4}$$

Donde:

$$r = 0.0381 \text{ m}/2 = 0.01905 \text{ m}, \quad FT_X = 0.64 \text{ kN} \quad \text{y} \quad M_N = 0.0409 \text{ kN m}$$

Sustituyendo:

$$M_I = 0.0409 \text{ kN m} + (0.64 \text{ kN} * 0.01905 \text{ m}) \quad \text{III.4a}$$

$$M_I = 0.0535 \text{ kN m}$$

La fuerza en la actúan las cuchillas es uniforme por eso se presenta como una fuerza distribuida lo cual representa lo siguiente.

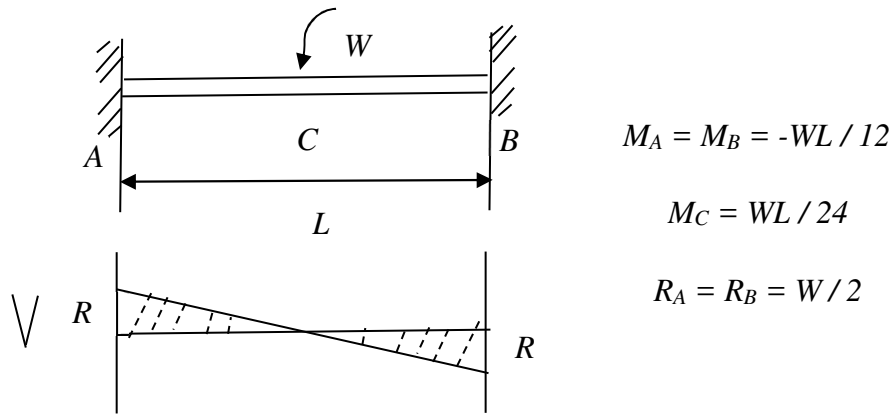


Figura III.8.- Formulas para vigas doblemente empotrada con carga distribuida

De la figura III.8 se tiene el siguiente dato:

$$W = F = 1.33 \text{ kN}$$

Donde la formula que se aplica para encontrar la reacción es la siguientes:

$$R_A = R_B = W / 2 \quad \text{III.5}$$

Sustituyendo:

$$R_A = R_B = 1.33 / 2 = 0.685 \text{ kN} \quad \text{III.5a}$$

De la Figura III.8 se tiene el siguientes formulas para el calculo de los momentos:

$$M_A = M_B = -WL / 12 \quad \text{III.6}$$

$$M_C = WL / 24$$

III.7

Donde; $W = 1.33 \text{ kN}$ y $L = 0.1524 \text{ m}$.

Sustituyendo la Ecuación III.6 y III.7:

$$M_A = M_B = -1.33(0.1524) / 12 = -0.0177 \text{ kN m} \quad \text{III.6a}$$

Sustituyendo en la Ecuación III.7

$$M_C = 1.33(0.1524) / 24 = 0.00885 \text{ kN m} \quad \text{III.7a}$$

III.5.2.2.- Análisis numérico del eje

Se realiza la evaluación del eje por medio de evaluación numérica aplicando el *MEF* con los valores del momento antes calculado y el eje propuesto. Así como las propiedades del material expuestas en la Figura III.3:



A Soporte fijo (empotrado).

C Línea de presión; 8728.4 N/m.

B Desplazamiento remoto.

D Momento; 53.5 Nm.

Figura III.9.- Esquema del modelo numérico del eje

Se decidió evaluar el eje, como si fuera un eje a la mitad (aplicando Ecuación III.7). Donde la letra *A* representa el empotramiento en uno de los extremos del eje, es decir para este caso de estudio el lado donde se coloca el motor. Mientras la letra *B* significa un apoyo articulado con restricciones en *x* y *y*. La letra *C* significa la fuerza del corte transferido al eje y a lo largo de la viga. Es decir, los 1.33 kN en la distancia de 6" y la letra *D* es la suma de momentos en el centro del eje.

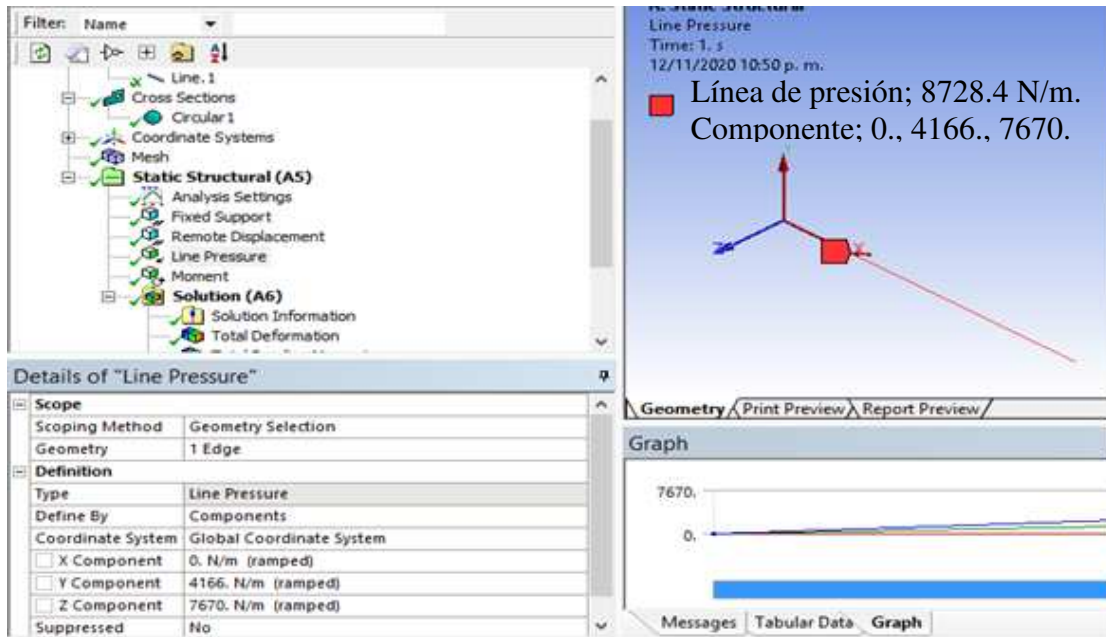


Figura III.10.- Representación de la línea de presión

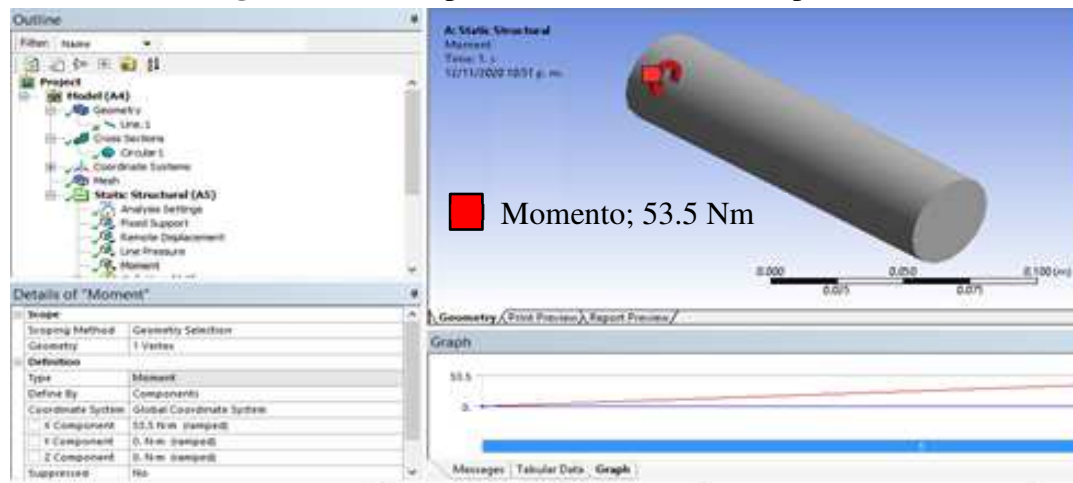


Figura III.11.- Valor del momento antes calculado

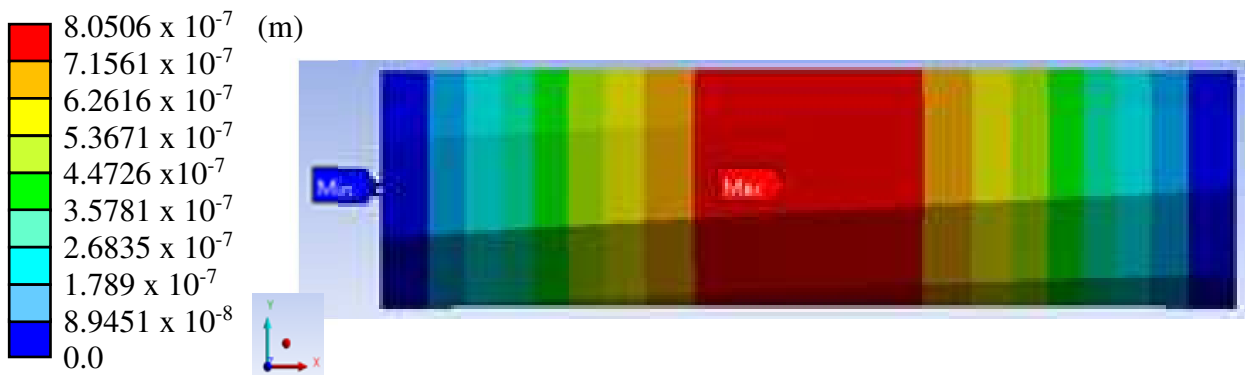


Figura III.12.- La máxima elongación en el eje y es de 8.056×10^{-7} m, esta es muy pequeña por ello es posible proponer este eje

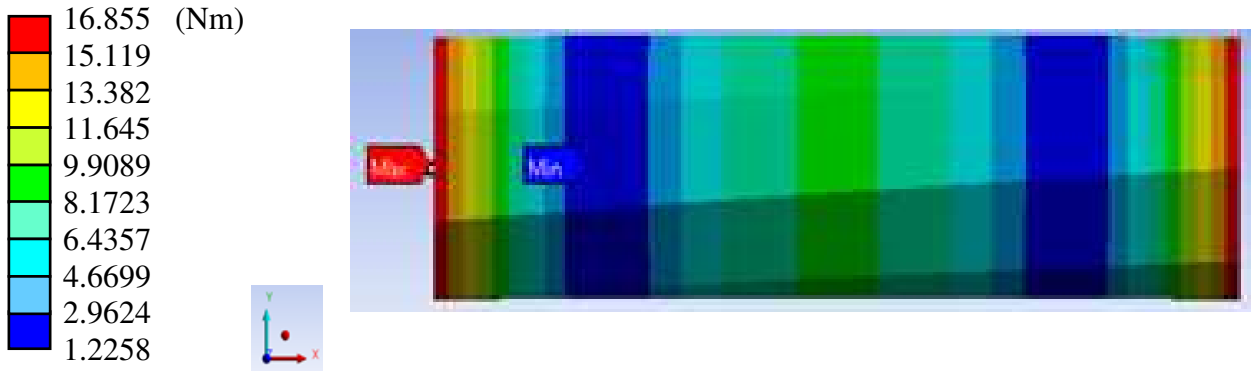


Figura III.13.- Momento de flexión total

El máximo momento se encuentra en los extremos, como se indica en la imagen de la Figura III.13, la cual es generada por la flexión. El momento máximo que se calcula numéricamente es de 16.855 Nm, comparado con el cálculo analítico que es de 16.9 Nm, se puede decir que son semejantes.

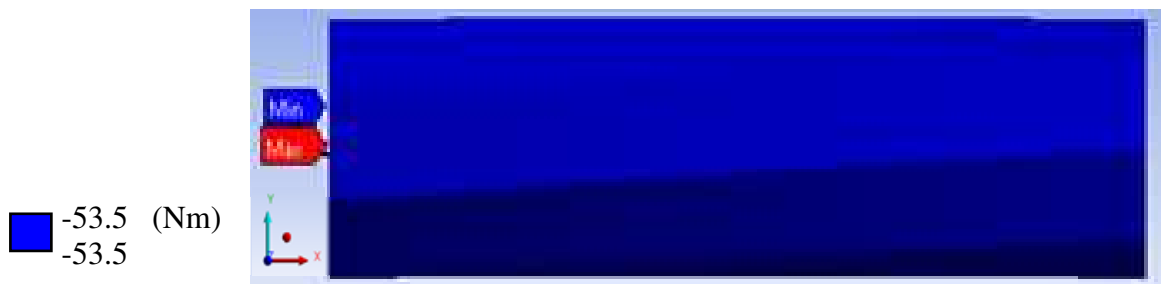


Figura III.14.- El máximo momento se encuentra constante a lo largo del eje como se indica en la imagen de arriba la cual es generada por la torsión

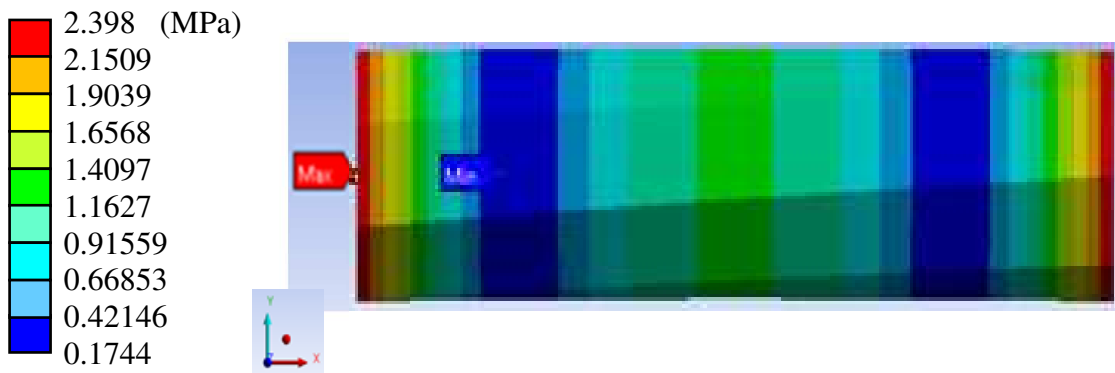


Figura III.15.- Esfuerzo máximo combinado de la torsión y la flexión

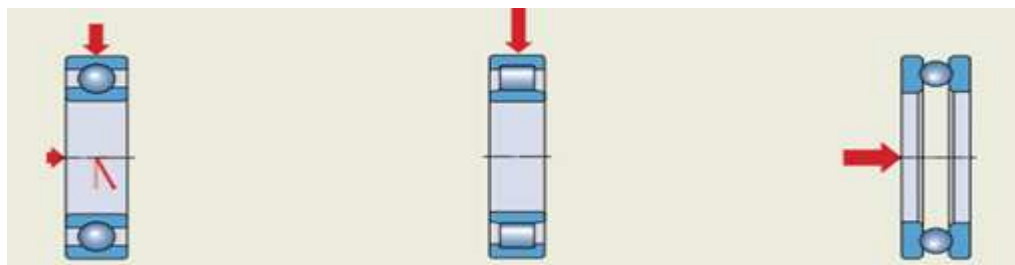
Se presenta el esfuerzo máximo combinado debido a la flexión y a la torsión el cual se encuentra en los extremos, y es de 2.39×10^6 Pa y el esfuerzo de cedencia del material es de 250×10^6 Pa comparando los últimos dos valores se dice que el material soporta 104 veces más su valor. Con base a lo anterior la propuesta del eje es funcional para el requerimiento. Con la continuación del diseño de elementos faltantes en función de sus requerimientos que demanda el material para ser procesado.

III.6.- Selección del cojinete

Para la selección del cojinete se hace mediante tablas y criterios establecidos por los fabricantes dado valores en nuestro caso tomamos el diámetro del eje y su carga. Dada la información de *SKF*; Criterios de selección; Espacio disponible y carga.

Tabla III.2.- Criterio de selección por espacio disponible según el eje

Ejes con diámetro pequeño (aprox. $d < 10$ mm)	Ejes con diámetro normal	Espacio radial muy limitado
Rodamientos rígidos de bolas. Rodamientos de agujas. Rodamientos de bolas a rótula. Rodamientos axiales de bolas [III.3].	Todo tipo de rodamientos [III.3].	Rodamientos de agujas. Rodamientos rígidos de bolas de las series 618 y 619. Rodamientos de rodillos toroidales. CARB de las series C49, C59 o C69 Rodamientos sin aro interior o exterior y caminos de rodadura mecanizados directamente sobre el eje o en el soporte [III.3].



Carga combinada
La dirección de la carga resultante se determina mediante la relación entre la carga radial y la carga axial.
Ejemplo; Rodamiento rígido

Carga radial pura
Dirección de carga 0°
Ejemplo; Rodamiento de rodillos cilíndricos con diseño *NU* (soporta únicamente la carga radial).

Carga axial pura
Dirección de carga 90°
Ejemplo; Rodamiento axial de bolas (soporta únicamente la carga axial).

Figura III.16.- Posibles cojinetes a utilizar por criterios de carga [III.3]

III.7.- Motor

Se seleccionó un motor con suficiente par para superar la resistencia a la tensión del material. Se presenta un motor eléctrico de C.A. monofásico con base a la norma *NEMA-Arm.56* [III.4]. En la siguiente tabla se proporcionan las características del motor seleccionado.

Tabla III.3.- Tabla de los datos del motor seleccionado

Tipo	IRF3 256-2Y8
C.P.	1
Serie	4111 445
Aisl.Cl.	B
Hz	60
Volts	127/220
Amps.	15.5/6.6
R.P.M.	1700
F.S.	1.6
Amps.a F.S.	18.6/9.4
Inc.Temp	80°C
Peso	12.1 Kg
Rotación	Fija
Marca	SIEMENS

III.8.-Poleas y banda

Uno de los sistemas para transmitir fuerza y movimiento se llama enlace flexible. Se utiliza para la transmisión de potencia cuando la distancia entre los ejes de los engranajes no permite el uso de engranajes. Un sistema de conexión flexible consta de [III.5]:

1 polea motriz o polea motriz; Es la polea que comunica el movimiento.

2 polea conducida; Es la polea que recibe el movimiento.

Un sistema de enlace flexible está constituido por [III.5]:

1. Polea conductora o polea motriz.- Es la polea que comunica el movimiento.
2. Polea conducida.- Es la polea que recibe el movimiento.
3. Elemento transmisor.- Vincula las poleas motriz y conducida, para comunicar el movimiento de rotación de la Figura III.17, estos elementos son las correas.

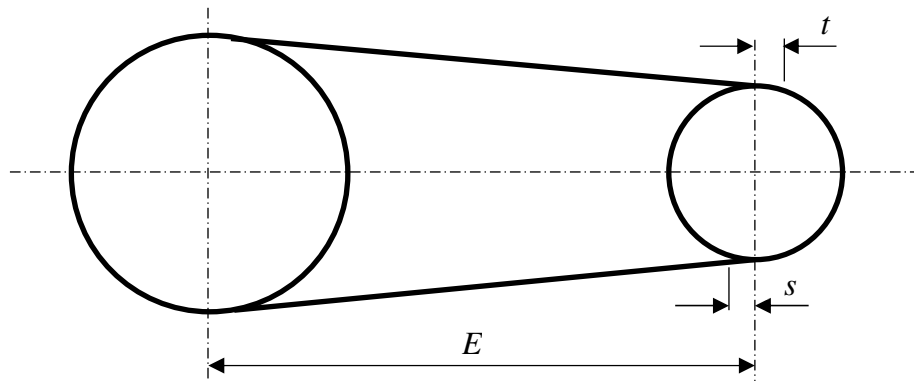
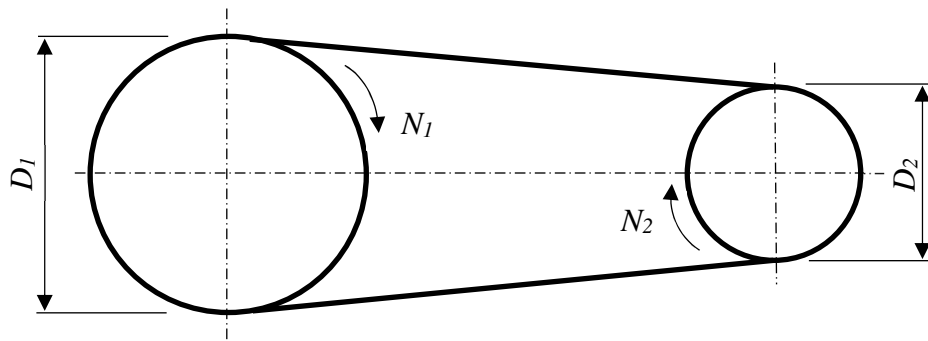


Figura III.17.- Imagen de un ajuste de poleas

A continuación, se muestra un posible arreglo de poleas:



- D_1 ; Diámetro de la polea conductora.
- D_2 ; Diámetro de la polea conducida.
- N_1 ; Velocidad de giro del eje conductor.
- N_2 ; Velocidad de giro del eje conducido.

Figura III.18.- El arreglo elegido por el requerimiento de la maquina

$$N_1 * D_1 = N_2 * D_2 \tag{III.8}$$

Donde; N_1 = Velocidad del motor, D_1 = Diámetro del eje del motor, D_2 = Diámetro del eje de la trituradora y N_2 = Velocidad del eje de la trituradora. De los datos de placa del motor se tiene:

$$D_1 = 1", D_2 = 13" \text{ y } rpm = 1700$$

Cálculo de la velocidad del arreglo de poleas. Sustituyendo y despejando:

$$N_2 = N_1 * D_1 / D_2 \tag{III.9}$$

$$N_2 = (1700 \text{ rpm}) * (0.0254 \text{ m}) / (0.3302 \text{ m}) = 130.769231 \text{ rpm} = 13.6941 \text{ rad/s} \quad \text{III.9a}$$

Para el cálculo del par generado por el motor, se calcula con la siguiente formula:

$$W = \tau \text{ (Nm)} * w \text{ (rad/seg)} \quad \text{III.10}$$

$$C.P. 1 = 746 \text{ W}$$

$$W = 13.6941 \text{ rad/s}$$

Sustituyendo y despejando:

$$746 \text{ Watts} = M \text{ (Nm)} * 13.6941 \text{ rad/s}$$

$$M \text{ (Nm)} = \frac{746 \text{ Watts}}{13.6941 \text{ rad/s}} = 54.47601522 \text{ Nm}$$

Comparado con el torque que se requiere:

$$\tau = 53.5 \text{ Nm}$$

Se concluye que la elección de estas es suficiente para poder modificar la forma del *PEAD*.

III.9.- Carcasa

Se tienen dos placas de un espesor de 9/16" con 8.5 pulgadas de ancho y 10 1/4" de largo. Mientras que las otras 2 tienen el mismo espesor y largo, pero varía el ancho el cual mide 6". Estas están unidas mediante soldadura perpendiculares entre sí.

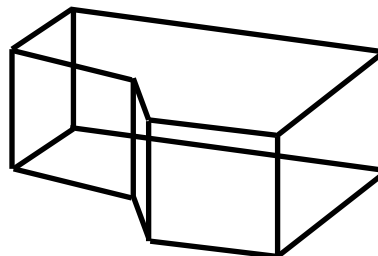


Figura III.19.- Esquema de la tolva superior y su volumen de capacidad

La tolva de alimentación tiene un volumen de 813.6563 pulgadas cúbicas.




III.10.- Funcionamiento de la máquina trituradora

En la tolva se tiene un contenedor y un alineador. El contenedor es en donde se va a insertar el producto que va a ser transformado (envases de *PEAD*). El alineador sirve para que el producto se pueda llevar y caer en la parte del triturado o del raspado para ser transformado en hojuela, para empujarlo a él y que no haya desperdicio se tiene una paleta. Esta sirve como limitadora del espacio que se requiera para que el material pueda ser rayado y pueda ser procesado. Entonces por ello, se le nombra paleta limitadora. Después se tiene un eje y acoplado a él se tienen dos cuchillas, situadas una frente a la otra estas están situadas en los extremos de la flecha (en este caso circular). Es decir, colocadas 180 grados, una con respecto a la otra, se toma en cuenta la forma que tiene el eje (redondo), partir de esto se toman los 360 grados de esa redondez, y una de las navajas está a 180 grados por la por una de las partes y la otra está a 180 grados. Es decir, están una enfrente de la otra o contrarias, con respecto a los ángulos de 360 grados. El material que se tiene y con el que está conformada tolva y la paleta limitadora es lamina, la máquina tiene un eje que le permite tener movimiento. También este (el eje) y el depósito donde se hace el rayado, cambia la sección la sección, es una placa y ellos están compuestos por perfil al igual que lo que conforma el alimentador de salida de trituración o caja de titulación de trituración. También se tienen dos limitadoras de tamaño, que sirve como un filtro, para garantizar que se obtenga una hojuela de tamaño cierto tamaño y esa hojuela llega a otro filtro llamado tamiz o bastidor, para que los pequeños huecos permitan que pasen todos los pedazos del mismo tamaño, por medio de una coladera la que va a permitir que de ella sólo salga el material ya rayado de cierto tamaño. Posterior al tamizado, se hace la selección donde se va a redirigir con la tolva de salida y esa tolva de salida esta acoplada a la tolva de la extrusora mediante un alineador.


El que va a producir el movimiento para para que se genere el desbaste, el rayado o la transformación a la hojuela es la cuchilla y las cuchillas están acopladas a un eje, este se mueve. Quién transmite el movimiento a este es un par de poleas en donde las características del motor se van a ver afectados por sus diámetros de las poleas. La velocidad que se tiene en el motor es mucho más grande que la que tiene la polea que está transmitiendo el movimiento. Esto se hace para de bajar la velocidad y aumentar el par ya que se necesita bastante fuerza para generar la acción la cuchilla. La única primer parte sustentada es el volumen de entrada, esto va a permitir

calcular un volumen de alineamiento, de trabajo (dada su cámara), de transformación (dada su bastidor). La acción, es decir quién hace el triturado, lo hacen las cuchillas gracias al movimiento que se produce por efecto de un pri-motor. El pri-motor, es el motor del cual se encuentra acoplado por medio de una banda y dos poleas, En donde se observa que la polea que va acoplada al eje y que produce el corte, es mucho más grande que la polea genera el movimiento a la salida del eje del motor. Entonces se selecciona el primer diámetro para calcular las velocidades y potencias con los datos del motor para ver qué características de par-velocidad se utilizan en la segunda polea y los otros elementos que dependen de ella. Por ello hay que calcular con las características del motor la velocidad, una vez con eso hay que calcular las características de las navajas que estás utilizando para garantizar su vida útil, su mantenimiento y su función, y para que eso suceda y para cargar al eje se necesita una chumacera con rodamiento por un lado y otro por el otro para que la flechas giren sin ningún problema para que puedan mover y transmitir el par que está generando el motor, el motor tiene un movimiento circular que va a ser trasladado al movimiento circular del eje el cual es aprovechado por las navajas para poder triturar. Otra parte de la maquina es el contrapeso el cual está para estabilizar el movimiento dinámico que genera por estar de un lado: las poleas, banda y motor; y por la forma que tiene el cuerpo de la máquina la cual hace la dinámica la maquinaria, por ello se necesita equilibrar el movimiento.

Tabla III.3.- Se muestran los componentes de la trituradora

<p>1.- Tolva.</p> <p>Está destinado el acopio de los materiales granulares.</p> <p>En este caso botellas u otro producto.</p>	
<p>2.- Alineador.</p> <p>Sirve para darle orientación a los envases de <i>PEAD</i>.</p>	
<p>3.- Paleta limitadora.</p> <p>Sirve para llevar al límite de la navaja y los otros 2 limites.</p>	
<p>4.- Cuchilla.</p> <p>Se usa para cortar las botellas en pedazos gracias al filo de esta.</p>	

<p>5.- Eje.</p> <p>El Eje es un elemento destinado a guiar el movimiento de una pieza o varias piezas, ya sea a una rueda o un engranaje.</p>	
<p>6.- Limites.</p> <p>Sirven para obtener pedazos de un cierto tamaño.</p>	
<p>7.- Tamiz o Bastidor.</p> <p>Sirve para obtener pedazos de igual tamaño.</p>	
<p>8.- Contenedor de trabajó (caja de trituración).</p> <p>Es en donde el material es transformado.</p>	
<p>9.- Balero.</p> <p>Asegura el movimiento del eje reduciendo la fricción.</p>	
<p>10.- Chumacera.</p> <p>Sirve para alinear al eje y darle soporte.</p>	
<p>11.- Poleas y banda.</p> <p>Transmiten la potencia mecánica.</p>	
<p>12.- Motor.</p> <p>Es el que genera el movimiento de la máquina.</p>	

<p>13.-Estructura.</p> <p>En este caso es un banco el cual asegura el soporte de la máquina.</p>	
--------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------

III.11.- Diseño de la maquina extrusora

Para el diseño de la extrusora se propondrá una relación L/D , así se obtendrán los valores que sustentarán el diseño y selección de los demás componentes, los cuáles sólo se mencionarán gracias a que está normalizada (conteniendo los criterios que sustentan su uso) y documentada la información de ellos. Por lo cual, solo hay que elegir y seleccionar los elementos que se requieren para corroborar el fin del diseño pretendido y garantizar su producción.



III.12.- Especificaciones de la máquina extrusora







El diseño de esta máquina se facilita ya que se realiza robustamente, la cual está basada principalmente en un tornillo sin fin.

III.12.1.-Componetes de la extrusora

Se muestran los elementos de la maquina en la siguiente tabla.

Tabla III.4.- Componentes de la extrusora

<p>1.- Husillo.</p> <p>Corta y empuja el flujo.</p>	
<p>2.- Caja de baleros.</p> <p>Sirve para soportar esfuerzos en la dirección de su eje.</p>	

<p>3.- Cilindro.</p> <p>Sirve como el medio en el que flujo de PEAD se pueda transportar mediante el husillo.</p>	
<p>4.- Motor eléctrico.</p> <p>Encargado de convertir la energía eléctrica en energía mecánica de rotación.</p>	
<p>5.- Tolva.</p> <p>Está destinado el acopio de los materiales granulares.</p>	
<p>6.- Poleas y correas.</p> <p>Tienen como función transmitir la potencia mecánica que propicia el eje motor de dos separados a una cierta distancia.</p>	
<p>7.- Resistencia eléctrica.</p> <p>Funde el PEAD para su reproceso.</p>	
<p>8.- Boquilla.</p> <p>Sirve para darle uniformidad de tamaño al producto final.</p>	

III.13.1.- Relación L/D

Diámetro del cilindro es (D): $1/2'' = 0.0127$ m. Este diámetro es importante ya que es el que define en gran medida el tamaño de la máquina y afecta a la velocidad de flujo del material a extruir. Relación longitud sobre diámetro (L/D) = Se ocupa una relación L/D de un husillo para polietileno de alta y baja densidad el cual es igual para ambos casos. Para este caso se toma una relación 24:1

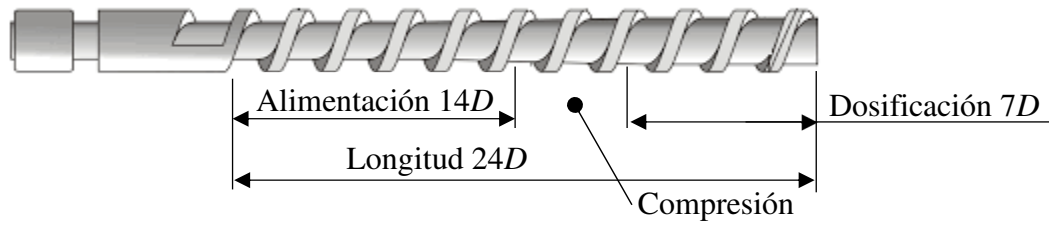


Figura III.20.- Relación L/D de un husillo de polietileno de alta densidad

Relación de compresión se define como *la relación de vueltas volumétricas de las vueltas del filete en las zonas de alimentación y de dosificado* [III.6]. Las relaciones de compresión típicas oscilan de 2 hasta 4, para nuestro caso se ocupa una relación de compresión de 3. Mientras que la configuración del tornillo depende del diseño de la boquilla, las velocidades de flujo esperadas y las características de fusión del polímero.

Tornillo tipo nailon



Tornillo tipo polietileno



Tornillo uso general



Tornillo con cabeza plastificadora



Tornillo tipo estireno con cabeza plastificada muleteada



Tornillo con punta cónica y profundidad decreciente



Figura III.21.- Segunda configuración para usillos de polietileno

III.13.2.- Funcionamiento de la extrusora

El material sólido que se alimenta a una extrusora, se transporta en dos regiones. En la tolva de alimentación y en la propia extrusora.

III.13.2.1.-Transporte de sólidos en la tolva

Los sólidos de desperdicio entran por la tolva, los cuales por ayuda de la gravedad que tienen las partículas caen gracias a su propio peso al fondo de la tolva [III.6].

III.13.2.2.- Transporte de sólidos en cilindro

Una vez que el material sólido cae al interior del canal de la extrusora, el mecanismo de transporte deja de estar controlado por la gravedad y se transforma en un transporte inducido por arrastre. Este tipo de flujo tiene lugar debajo de la tolva a lo largo del tornillo en una distancia relativamente corta. Hay dos fuerzas de fricción principales que actúan sobre la masa sólida; una en la superficie del cilindro y otra en la superficie del tornillo. Cuanto al diseño del tornillo hay que tener en cuenta lo siguiente; El filete del tornillo debe ser simple, no doble. El filete doble produce una mayor fricción. El ángulo de los filetes ha de ser grande. El radio de los flancos del filete ha de ser lo más grandes posible [III.6].

III.13.3.1.- Ecuaciones de velocidad [III.6]

El rango de dosificación se ha analizado con más detalle desde un punto de vista teórico. Los cálculos se simplifican porque el material está en estado fundido y puede considerarse homogéneo. Con valores aproximados, los resultados del análisis se pueden expresar en ecuaciones simples (útil como una primera aproximación del funcionamiento de la extrusora en esta área).

$$V = \left(\frac{sP}{dz}\right) \left(\frac{y(y-h)}{2n}\right) + \frac{Vy}{h} \quad \text{III.11}$$

El caudal de material extruido podrá calcularse como el producto de la velocidad del material por la sección del tornillo.

$$Q = \int_0^h w \cdot v \cdot dy = \int_0^h \frac{wVy}{h} dy + \int_0^h \frac{wy(y-h)}{2n} \frac{dP}{dZ} dy \quad \text{III.12}$$

De donde se obtiene que:

$$Q = \frac{wVh}{2} - \frac{wh^3}{12n} \frac{dP}{dZ} \quad \text{III.13}$$

III.14.- Tornillo sin fin

Dado que se necesita transportar y moldear en el proceso de extrusión se ocupa un tornillo sin fin, el cual tiene usos en la industria y en una gran parte en la industria alimentaria para el transporte de granos en el proceso de almacenamiento y su transformación respectivamente en silos y tolvas. Se

consideran estos criterios dada a la semejanza de la necesidad en el transporte el material para su precalentamiento y moldeado además que se fuerza su paso por los husillo y mecanismos formadores.

III.14.1.- Criterio del diseño de engranes sin fin

Las tres componentes (mutuamente perpendiculares de la fuerza resultante) que actúa entre un tornillo sin fin y un engranaje son:

$$Ft_{\text{(tornillo)}} = Mt/r_w \quad \text{III.14}$$

donde $Ft_{\text{(tornillo)}}$ = fuerza tangencial sobre el tornillo sin fin y Mt = momento sobre el tornillo sin fin [III.7].

III.14.2.- Conclusión del tornillo sin fin

Una vez obteniendo los datos del tornillo sin fin se procede a la selección de los demás componentes, como estos ya están estandarizados solo se elegirán a razón del husillo que es la parte que transforma y modela el material.

III.15.- Conclusión de la maquina extrusora

Primeramente, se ingresa el material a la tolva. Posteriormente, después es transportado por el husillo, el cual lo transporta hasta llegar a la boquilla donde surge uniformemente para el siguiente paso el cual se le da con un elemento o pieza mecánica.

III.16.- Conclusión de la máquina trituradora

A continuación, en la Figura III.22 se muestra el diagrama de flujo del proceso de trabajo del diseño de ambas maquinas.

III.17.- Sumario

Con base a los cálculos y el análisis se puede observar que la propuesta de la trituradora es funcional ya que hace su función de romper el material al superar en momento máximo con el par dado por el motor y transmitido por las poleas.

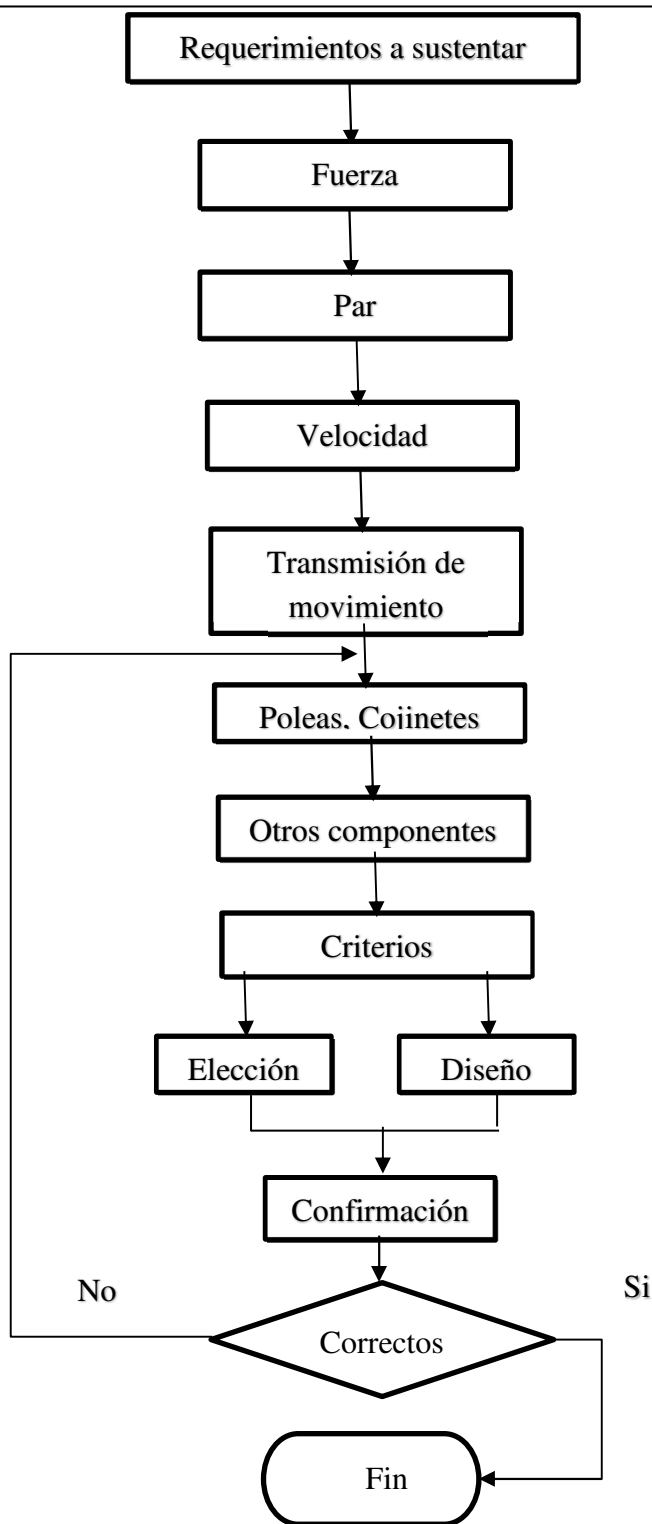


Figura III.22.- Diagrama de flujo del proceso de trabajo del diseño de ambas maquinas

En cuanto al eje este soportará la combinación de esfuerzos de flexión y torsión, gracias a la geometría y el material elegido, aunque la máquina trituradora tenga un factor de seguridad grande en el eje está se ve limitada en cuanto al torque que se necesita para romper el material. El diseño

de las cuchillas, el eje es fácil de ensamblar y manufacturar lo cual provocara abaratar costos y ahorrar tiempo. En cuanto a la obtención el tamaño ideal de la hojuela es necesario poner un tamiz con un diámetro de 4 mm. En cuanto al diseño de la extrusora se facilita y se emiten los cálculos de los criterios porque todos los componentes son en función de la relación L/D del husillo, en este caso se ocupa un husillo universal.

III.18.- Referencias

- 1.- Metalia *Informacion Tecnica de los Materiales Plasticos*.
- 2.- Departamento de Materiales, *Curso de Fundamentos de Ciencia de Materiales*, Ed. Universidad Politécnica de Valencia, año.
- 3.- SKF, *Rodamientos*, Ed. Grupo SKF, año.
- 4.- Sitasa, *Familias Motores Reductores*, Ed. Catalogo Sitasa, año.
- 5.- Botero C., *Manual de Mantenimiento*, Ed. Grupo de Publicaciones SENA Digeneral, 1991.
- 6.- Osswald T., *Polymer Processing Fundamentals*, Ed. Hanser Publications, pp 112-124, 2001.
- 7.- Sala Ar-hollowenco, y Gramo H., *Diseño De Máquinas*. Ed. Mcgraw-Hill, pp 249-254, 1971.

CAPÍTULO IV

Manufactura; de las máquinas Trituradora y extrusora

IV.1.- Introducción

En este capítulo se muestran los procesos de manufactura de la solución concebida con la propuesta de la fabricación de las máquinas y la producción que generan, para el manejo del PEAD recuperado.

IV.1.1.-Proceso de fabricación para ambas máquinas (trituradora y extrusora).

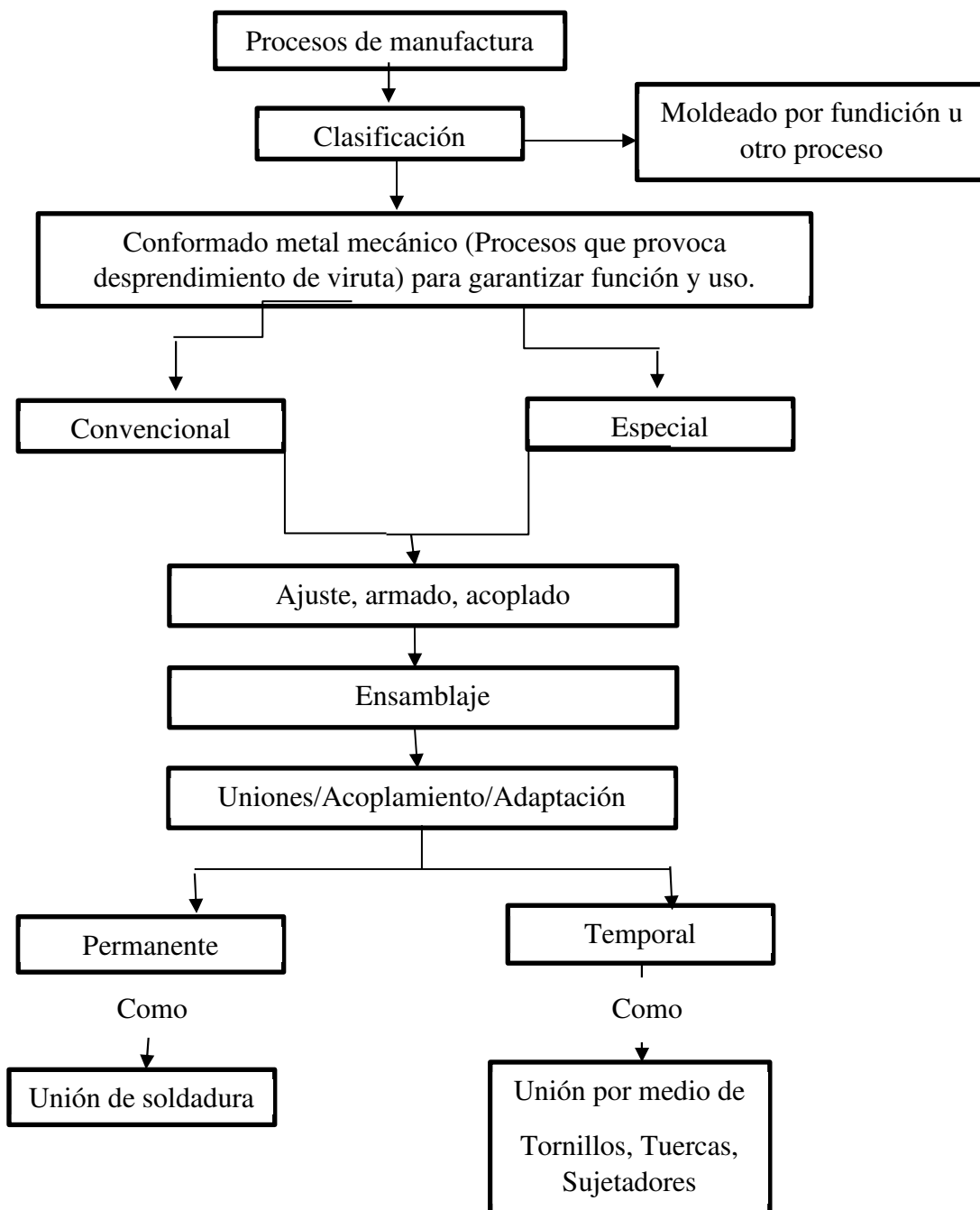





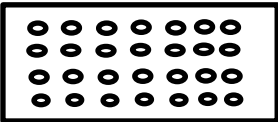

Figura IV.-1 Se muestran algunos procesos de manufactura que se ocuparan [IV.1]




IV.2.- A continuación, se muestran; el proceso de manufactura que arroja la fabricación de la máquina, así como la producción de la hojuela en la máquina trituradora y sus procesos del PEAD en ella.

Tabla IV.1.- Fabricación máquina trituradora, producción de la en la máquina trituradora y procesos del PEAD en la máquina trituradora.

Fabricación:		Producción:	
Manufactura de los componentes, partes equipos y elementos; descripción de ellos:	Componente	Manufactura del PEAD	Procesos del PEAD
<p>1.- Tolva. - Se inicia la manufactura dándole la forma y tipo del diseño, este elemento también tiene un proceso de conformado el cual es por cizalla una vez se tengan las piezas de esta se unen permanentemente con soldadura y contiene también una unión temporal a base de sujeción por medio de una bisagra que une el alineador o paleta limitadora junto con la tolva.</p>		<p>Sirve para que se ingresan los los desechos de PEAD</p>	<p>Proceso de suministro: Alimentación</p>
<p>2.- Paleta limitadora: Su forma se le da en base a las medidas de la distancia entre la tolva y los limites es del mismo tipo que la tolva su proceso de conformado</p>		<p>Su función es tal que al interactuar con las navajas se realiza el proceso de corte de una mejor manera en</p>	<p>Proceso de trituración</p>

<p>se hizo con base a cizallamiento, ella está unida temporalmente mediante una sujeción como se menciona en el componente de arriba.</p>		<p>casos de atascamiento (Marco de referencia).</p>	
<p>3.-Cuchilla: Esta tiene la forma indispensable para provocar el corte en el PEAD, de manera eficaz es del mismo tipo que la caja de trituración, tiene una unión temporal sujeta al eje mediante tornillos.</p>		<p>Objetivo:Es la que realiza el corte de los productos desechados de PEAD</p>	<p>Proceso de trituración</p>
<p>4.- El Eje: En la manufactura de este elemento se es necesario un proceso de maquinado en el cual se ocupan dos máquinas: el torno y la fresa.</p> <p>El torno sirve para maquinar el material y darle la forma cilíndrica que se desea.</p> <p>La fresa por otro lado sirve para generar un troquelado ya que se es necesario hacer unos agujeros/ranuras para unir temporalmente por sujeción el contrapeso al eje mediante un pasador</p>		<p>Funcion:acoplar a las cuchillas para realizar la acción del corte, debido al movimiento.</p>	<p>Proceso de trituración</p>

<p>también tiene el eje un acoplamiento con la polea 2 mediante una cuña y para mayor seguridad se coloca un pasador de cabeza de reten.</p>			
<p>5.- Limites: La forma que tienen se da gracias a la distancia de la separación de la caja de trituración y al filo de la cuchilla, su proceso de conformado es con base a cizallas, ellos están unidos mediante uniones temporales por sujeción mediante tornillos a la caja de trituración.</p>		<p>Objetivo: Se utilizan para asegurar un tamaño deseado (Marco de referencia que ayuda al corte).</p>	<p>Proceso de trituración</p>
<p>6.-Tamiz o Bastidor: Tiene una unión temporal mediante sujeción a la caja de trituración dada por tornillos</p>		<p>Sirve para clasificar y darle uniformidad a la hojuela.</p>	<p>Proceso de selección</p>
<p>7.-Contenedor de trabajo (caja de trituración): Tiene la forma y tipo que se plantea en el diseño presenta uniones permanentes propias, temporales mediante</p>		<p>Función: contiene el material que va a ser cortado y aloja algunos componentes de la trituradora.</p>	<p>Proceso de trituración</p>

<p>sujeción con base a una bisagra a la tova de alimentación y sujeción con base a tornillos a los siguientes componentes: Estructura, tamiz, chumacera y los límites.</p>			
<p>8.-Chumacera: Se encuentra unida temporalmente con sujeción a la caja de trituración mediante tornillos.</p>		<p>Objetivo: garantizar la operación del eje.</p>	<p>Proceso de trituración</p>
<p>9.-Motor: Este se encuentra acoplado a la polea 1 y presenta otra unión temporal por sujeción con tornillos a la Estructura.</p>		<p>Función: Genera el par necesario y proporcionar todas las características mecánicas requeridas y necesarias.</p>	<p>Proceso de trituración</p>
<p>10.-Estructura: Tiene la forma de banco sus uniones son temporal y permanentes, la temporal es una sujeción con un tornillo que lo une con el motor y presenta dos permanentes mediante soldadura una de su propia composición y</p>		<p>Sirve para dar el soporte a la maquina</p>	<p>Proceso de trituración</p>

otra unida a la tolva de salida.			
11.-Tolva de salida: Su forma está planeada para la expulsión del material su proceso de conformado se hace mediante cizalla y doblador esta presenta una unión permanente con la estructura.		Objetivo: Traslada el material necesario y lo redirecciona a sus contenedores el material convertido en hojuela	Material producido en Hojuela

IV.3.- Procesos de Manufactura de los componentes de la máquina trituradora presentados en diagramas de flujo.

A continuación, se muestran los diagramas de flujo de los procesos de manufactura de los componentes de la máquina trituradora.

Diagrama de flujo del proceso de manufactura de la tolva de alimentación.

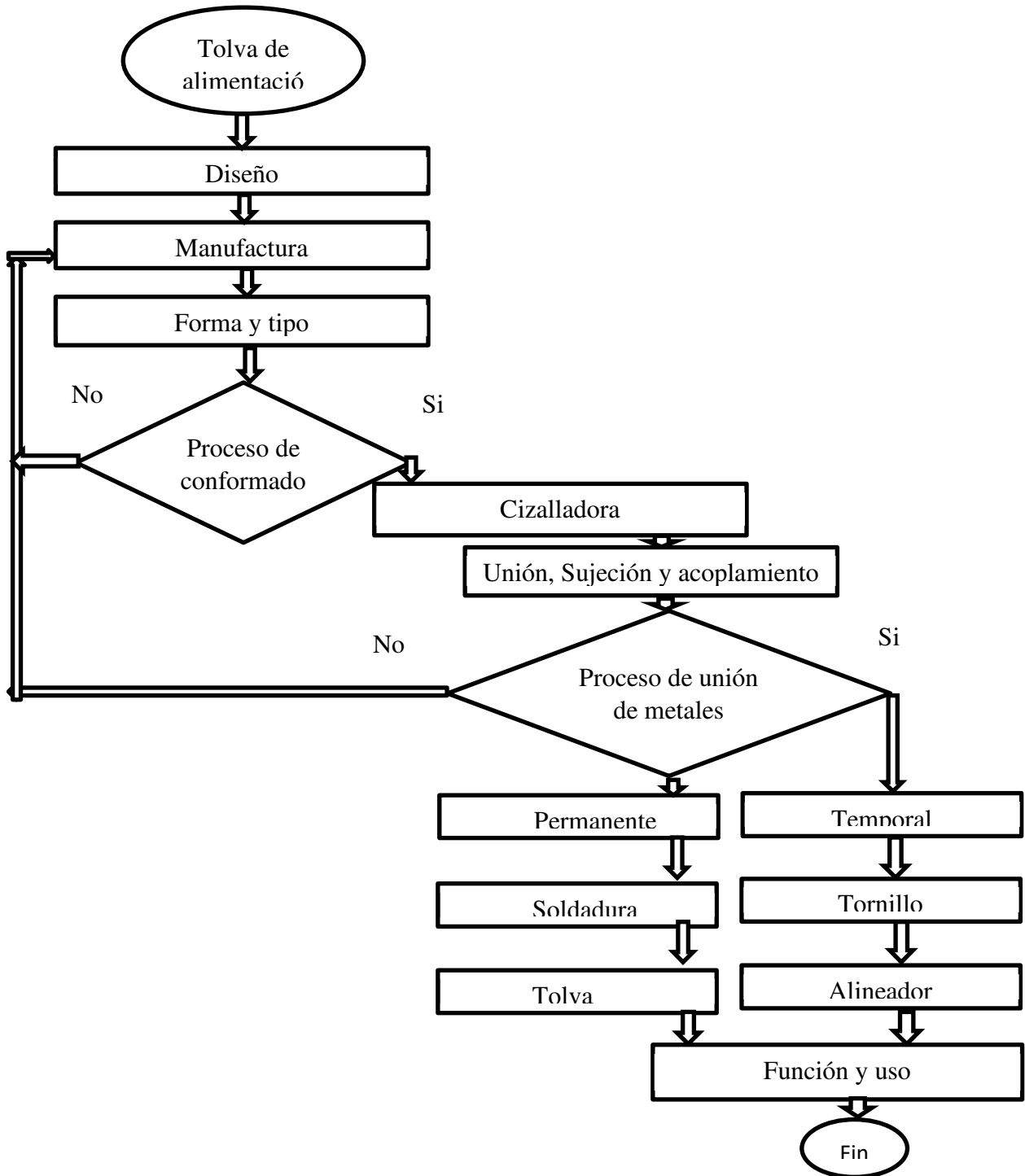


Figura IV.2.- Imagen del diagrama de flujo que señala la fabricación de la Tolva de alimentación.

Resumen-Condensado: la manufactura de la tolva de alimentación se hace siguiendo su diseño, posterior a ello, sigue la manufactura esta manufactura implica forma y tipo, que se le da mediante

El corte de la lámina por cizallado la cual tendrá uniones propias permanentes y uniones temporales con los elementos que se muestran en la imagen (IV.1). Diagrama de flujo del proceso de manufactura del Alineador.

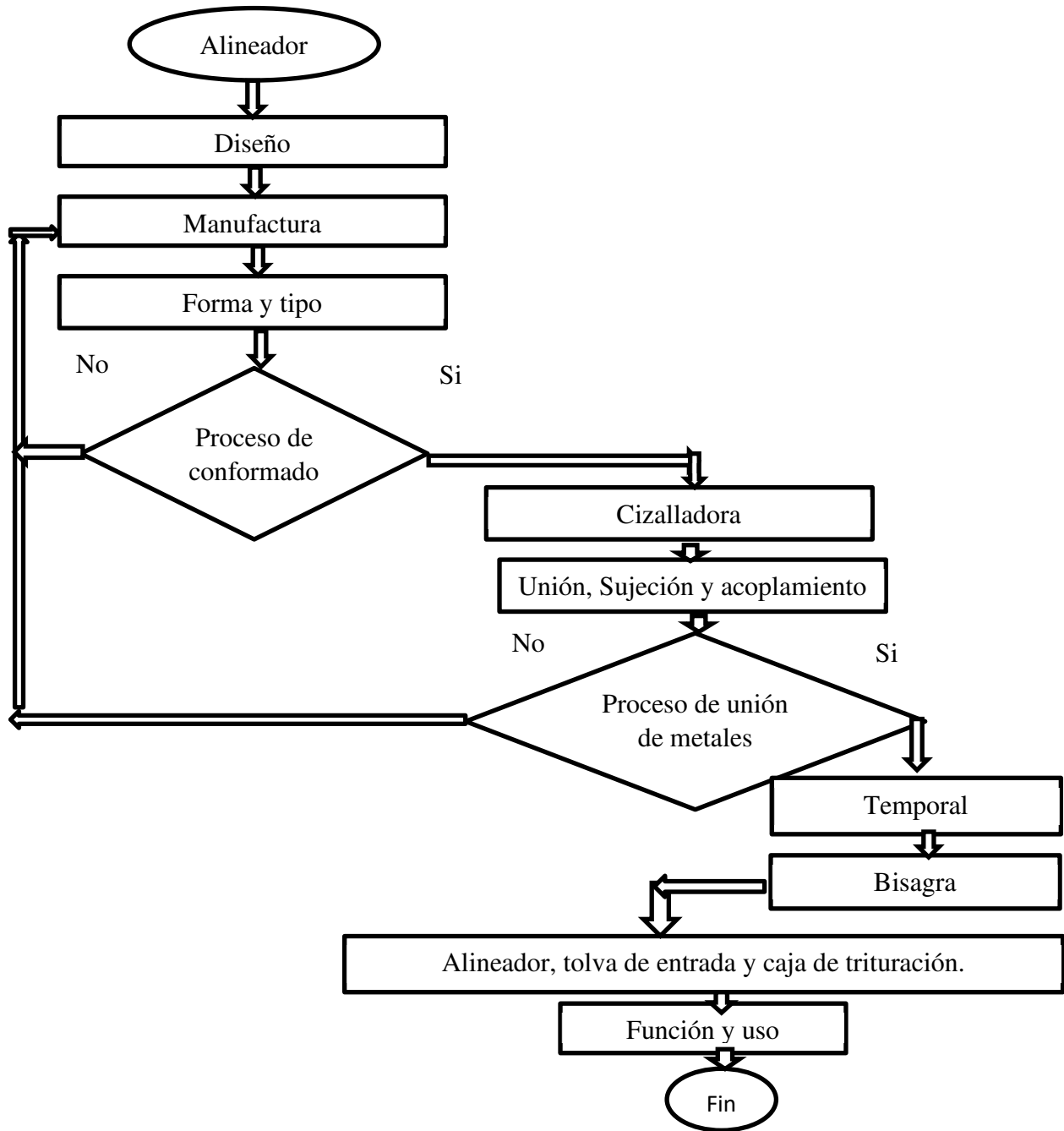


Figura IV.3.- Imagen del diagrama de flujo indicado para la fabricación del alineador

Resumen-Condensado: Para la manufactura del alineador se sigue su diseño, posterior a ello la manufactura la cual implica forma y tipo, esta se le da mediante el corte de la lámina por cizalla,

Al igual que a la tolva de alimentación, pero a diferencia el alineador solo presenta uniones temporales con la tolva de entrada o alimentación y la caja de trituración mediante una bisagra. Diagrama de flujo del proceso de manufactura de la cuchilla.

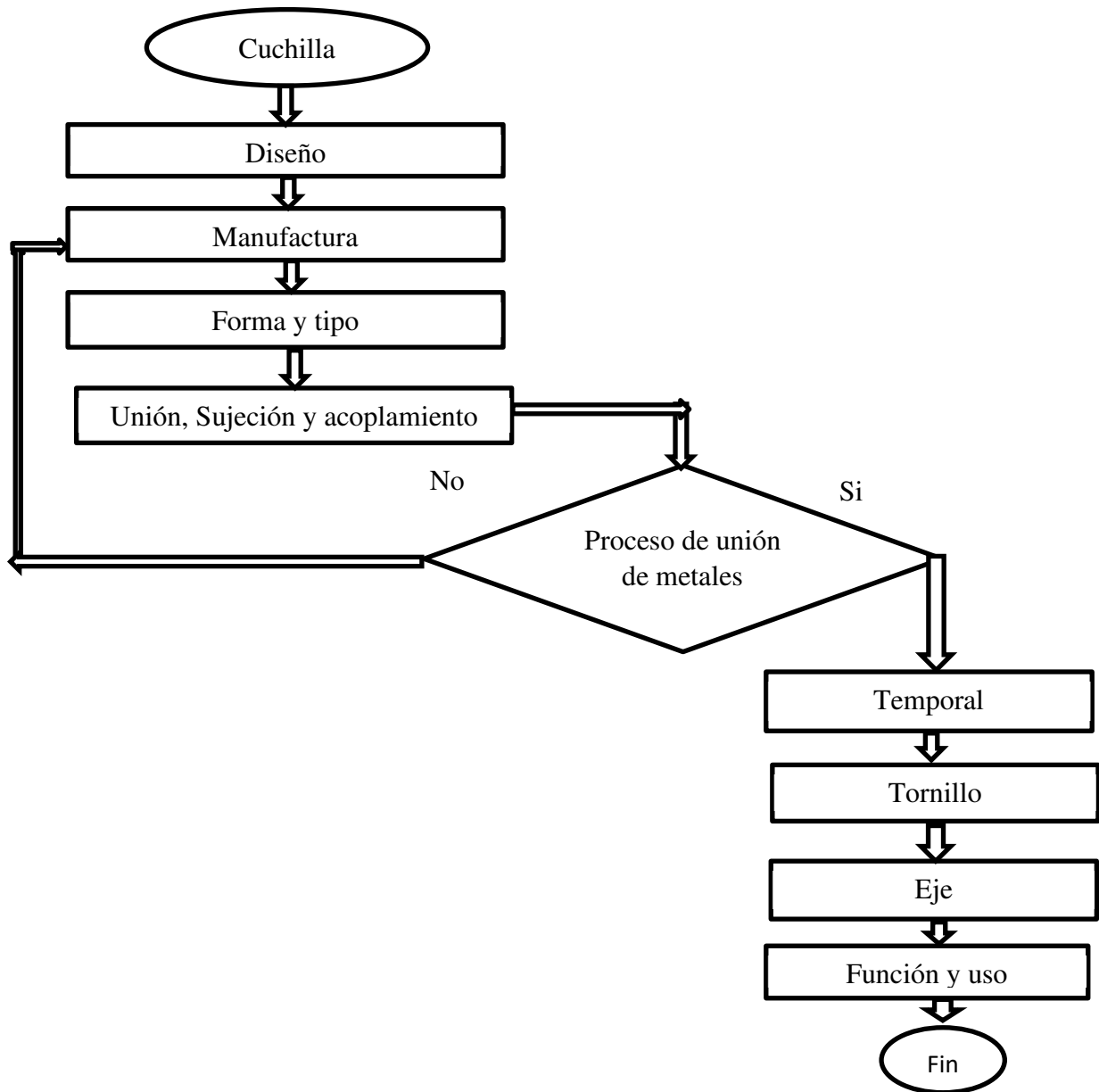


Figura IV.4.- Imagen del diagrama de flujo ejecutado para la fabricación de la cuchilla

Resumen-Condensado: Para la manufactura del alineador se sigue su diseño, posterior a ello la manufactura la cual implica forma y tipo, esta se le da mediante el corte de la placa por corte especial mediante (cierra, cinta, oxi acetileno, plasmas, inglete, chorro de agua a alta precisión, etc.), después se une temporalmente mediante tornillos al eje.

Diagrama de flujo del proceso de manufactura del eje.

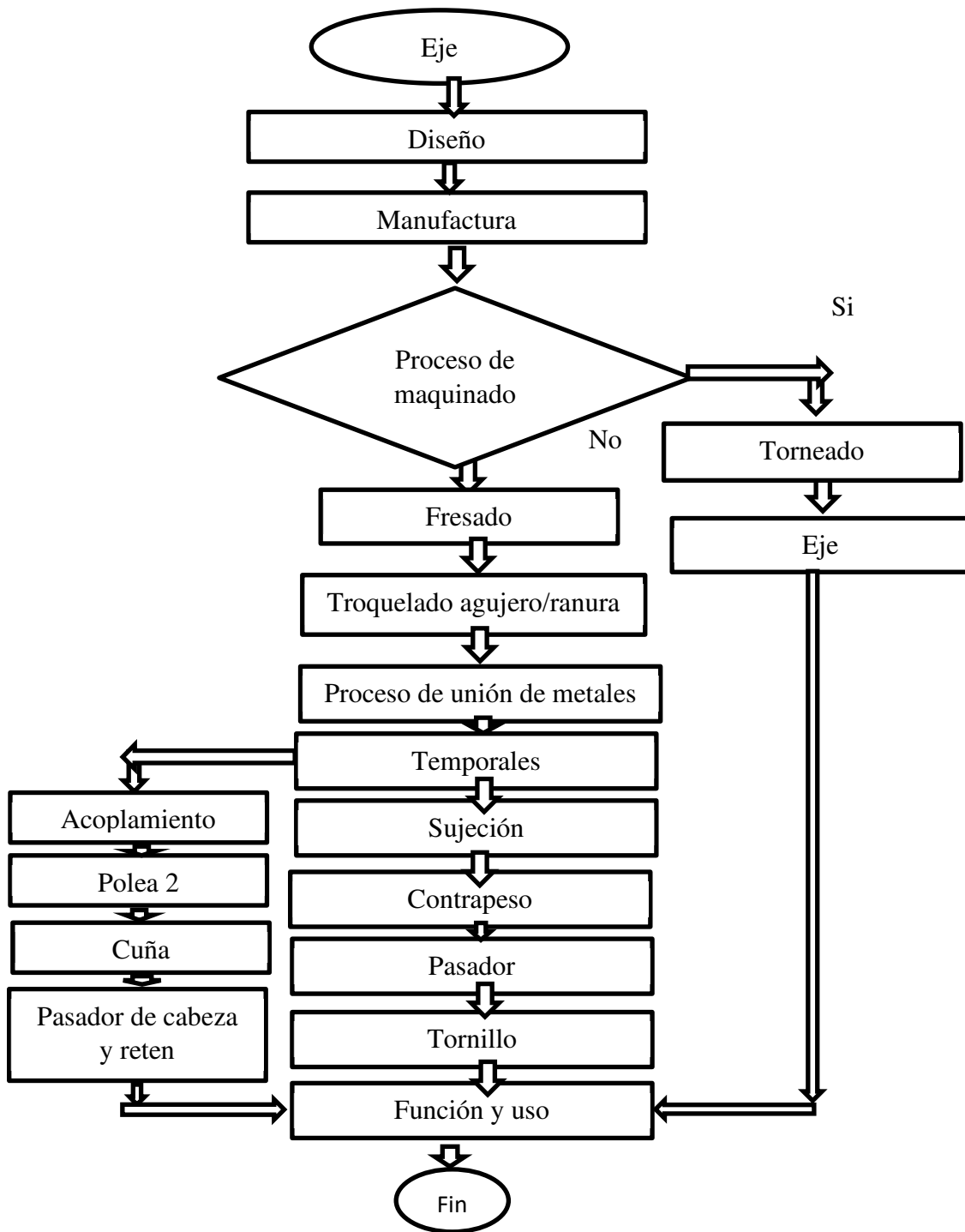


Figura IV.5.- Imagen del diagrama de flujo indicado para la fabricación del eje

Resumen-Condensado: Su manufactura se hace a partir de su diseño, en cuanto a su manufactura primero utilizando maquinaria como el torno se le da la forma (para realizar el propio eje), el troquel y/o la fresa (para realizar los agujeros, para sus uniones), en cuanto a las uniones que

presenta son temporales en todos sus casos, con sus elementos adicionales agregados como lo son la Polea 2 y el contrapeso.

Diagrama de flujo del proceso de manufactura del limitador.

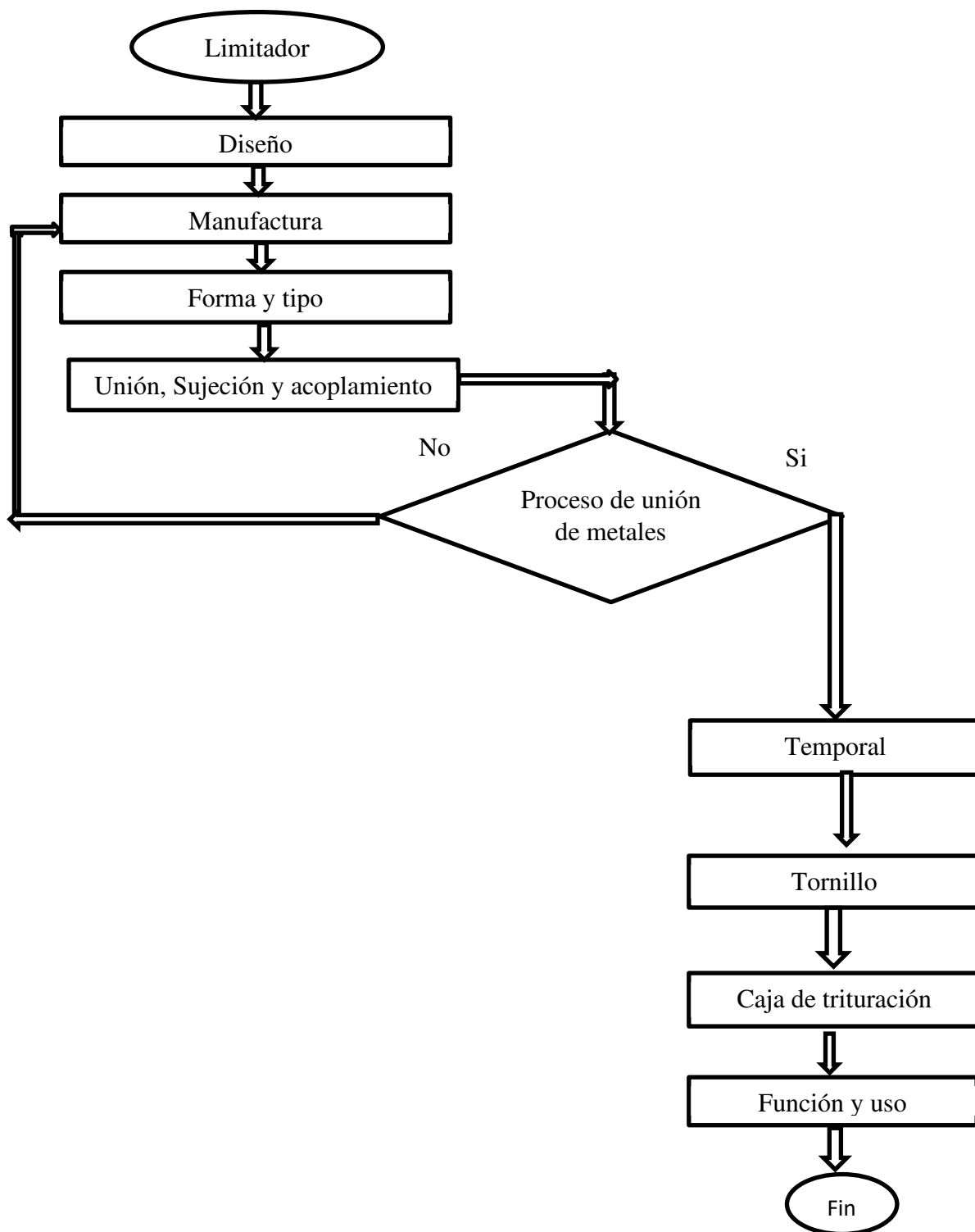


Figura IV.6.- Imagen del diagrama de flujo ejecutado para la fabricación del limitador

Resumen-Condensado: Para la manufactura del alineador se sigue su diseño, posterior a ello la manufactura la cual implica forma y tipo, esta se le da mediante el corte de la lámina por cizalla, este tiene uniones temporales con la caja de trituración mediante un tornillo.

Diagrama de flujo del proceso de manufactura del suministro del tamiz.

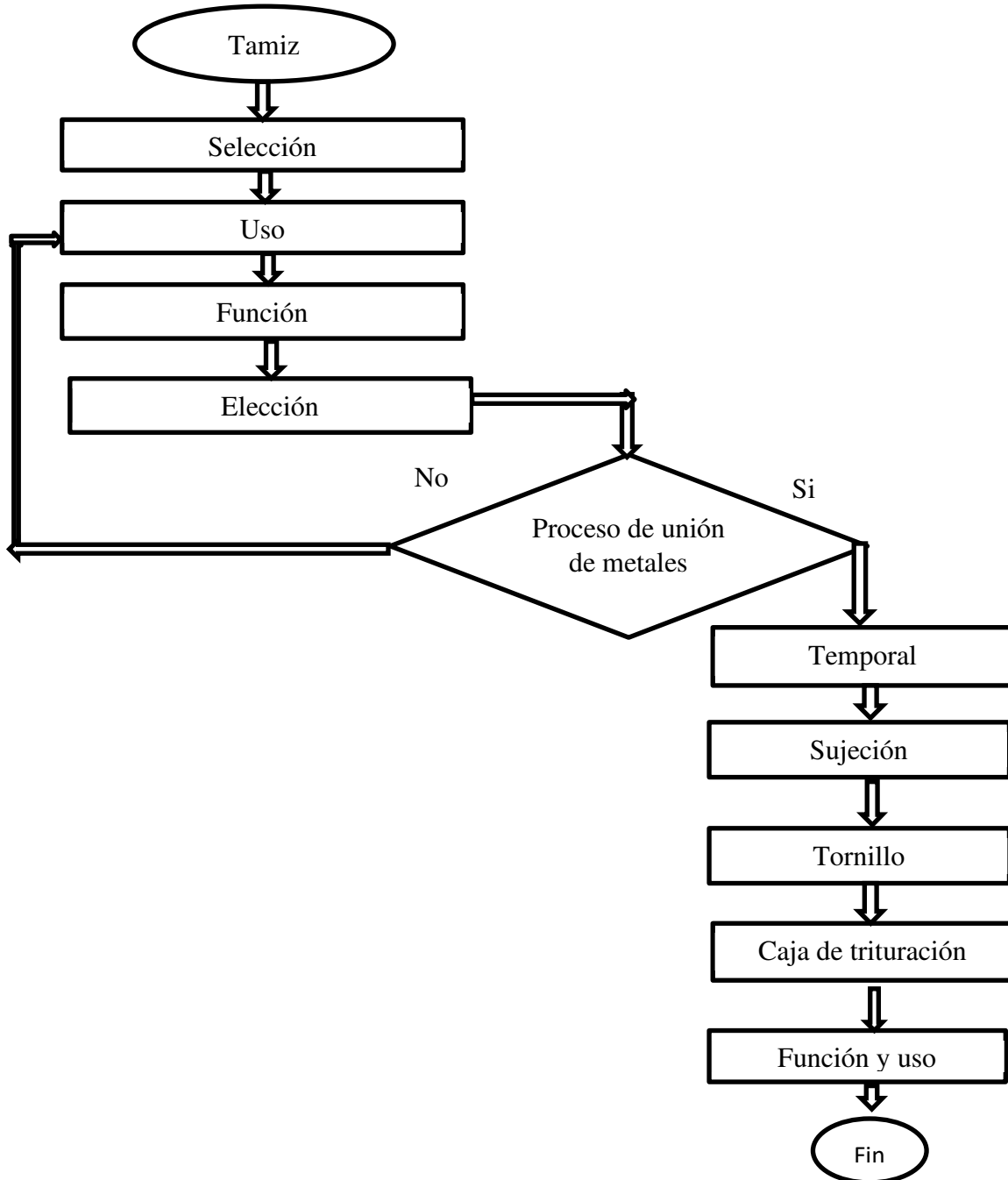


Figura IV.7.- Imagen del diagrama de flujo indicado para la fabricación de suministro del tamiz.

Resumen-Condensado: la manufactura de este elemento se basa en el tamaño de la hojuela requerida y esta se encuentra unida temporalmente a la caja de trituración de la máquina trituradora.

Diagrama de flujo del proceso de manufactura de la caja de trituración

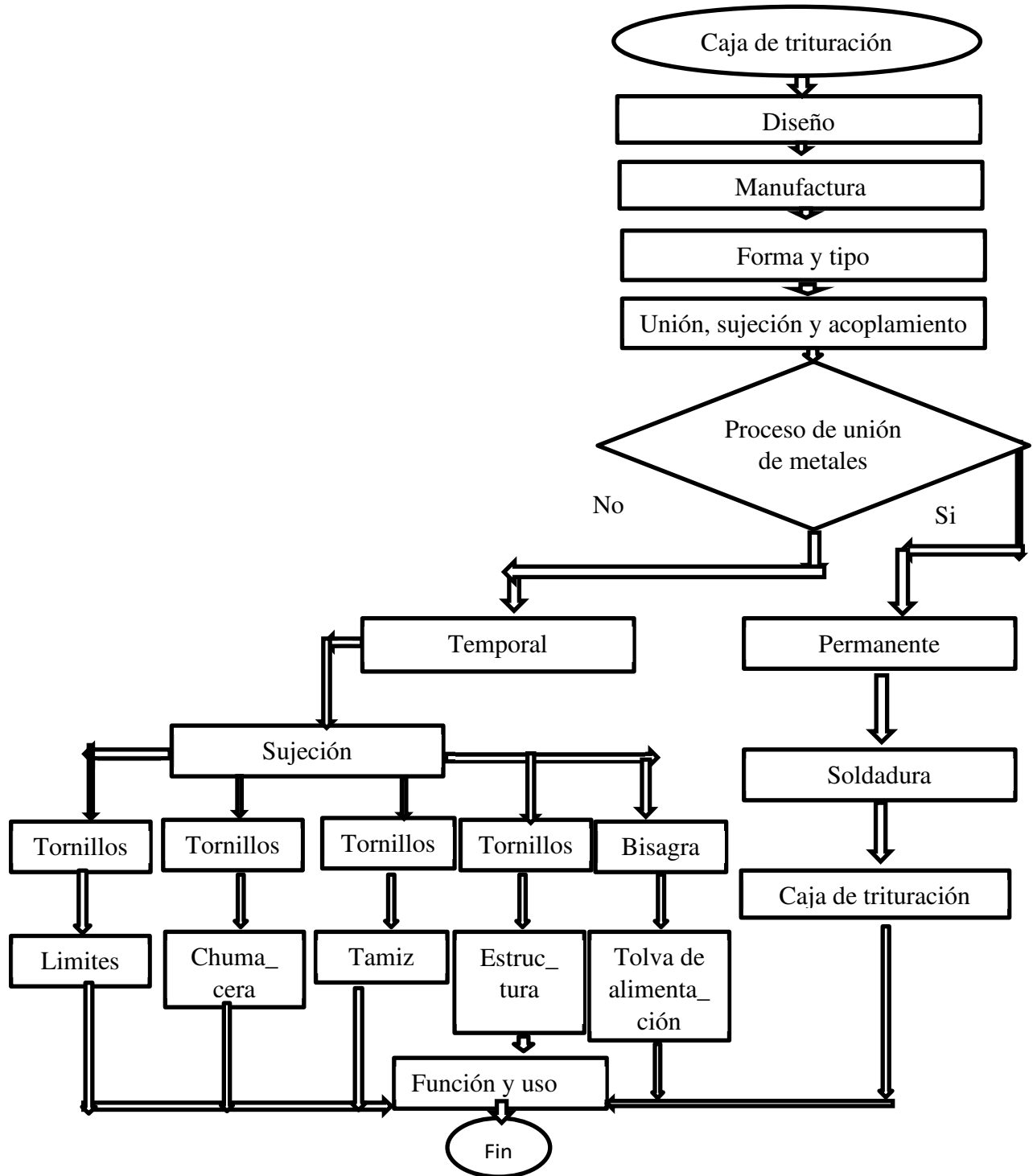


Figura IV.8.- Imagen del diagrama de flujo señalado para la fabricación de la caja de trituración.

Resumen-Condensado: Para la manufactura de la caja de trituración se sigue su diseño, posterior a ello la manufactura, la cual implica forma y tipo, el corte de la placa es un corte especial, mediante (cierra cinta, oxi acetileno, plasmas, inglete, chorro de agua a alta presión, etc.), esta caja está unida a los elementos mostradas en la imagen anterior (Figura IV.7).

Diagrama de flujo del proceso de manufactura del suministro de la chumacera.

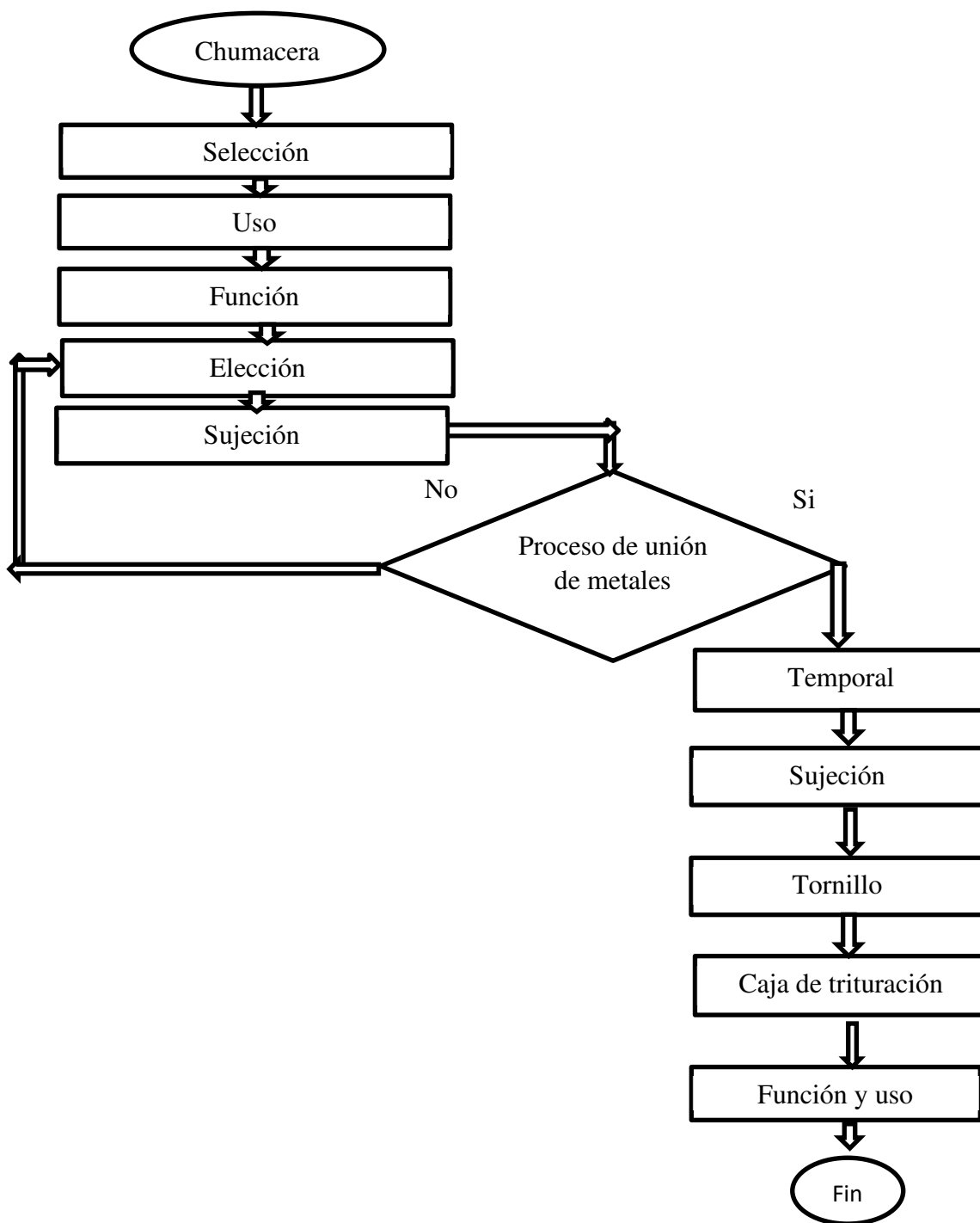


Figura IV.9.- Imagen del diagrama de flujo de procesos de manufactura de suministro en la chumacera

Resumen-condesado: Garantiza el movimiento libre del eje, se elige y selecciona en función de las características de movimiento requerido y se inserta y acopla al diseño de la trituradora para permitirle la transmisión del movimiento del eje. Además de acoplar al eje.

Diagrama de flujo del proceso de manufactura del suministro del motor.

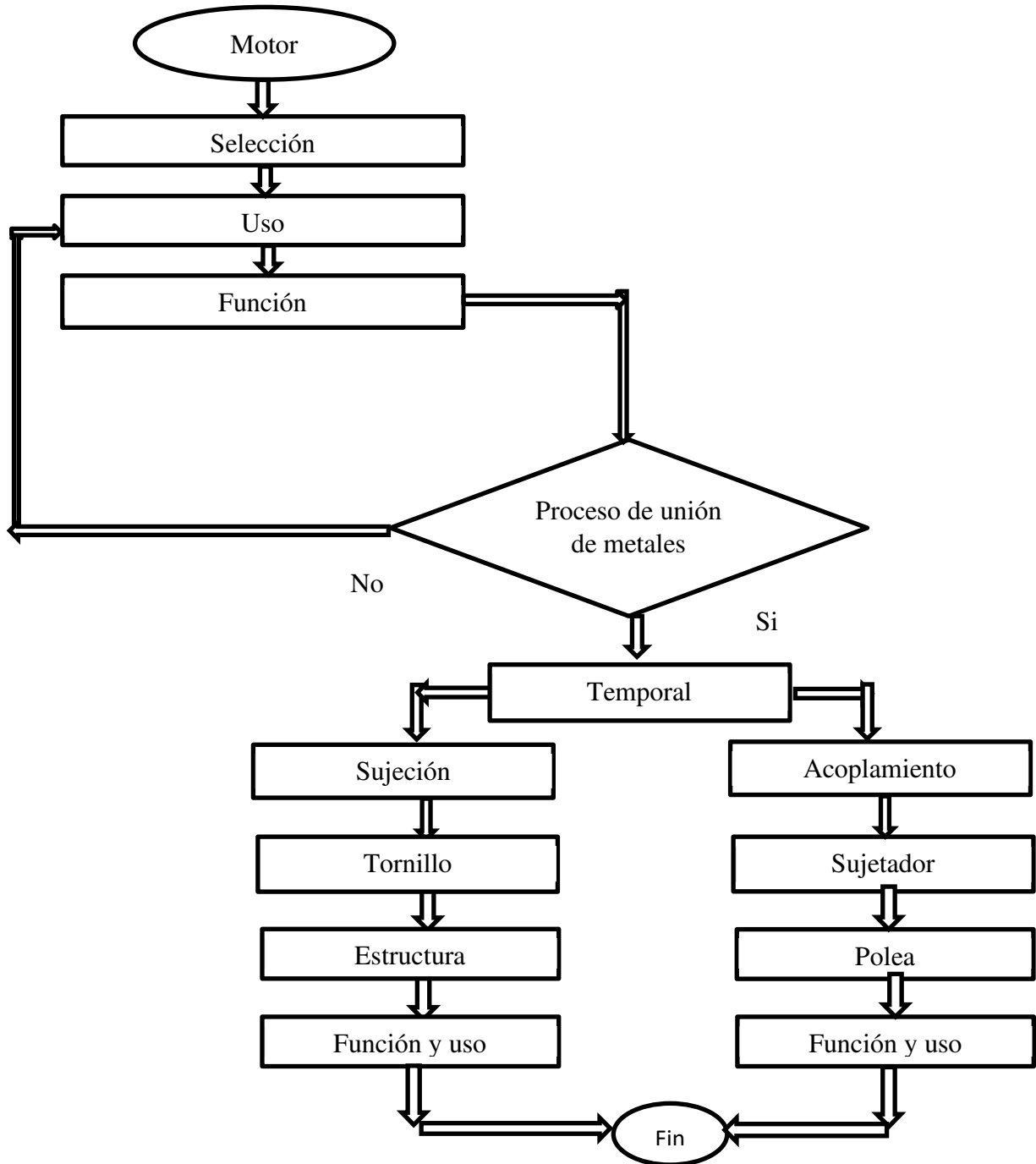


Figura IV.10.- Imagen del diagrama de flujo de procesos de manufactura de suministro del motor

Resumen-Condensado: Se elige y selecciona en función de las características de movimiento requerido y se inserta y acopla al diseño de la trituradora para permitir la transmisión del par al eje, este se encuentra acoplado a la Polea 1 y unido temporalmente a la estructura. Mediante un tornillo.

A demás de ser el responsable de producir las características mecánicas que la maquina requiere para su óptima operación.

Diagrama de flujo de procesos de manufactura de la estructura de la trituradora,

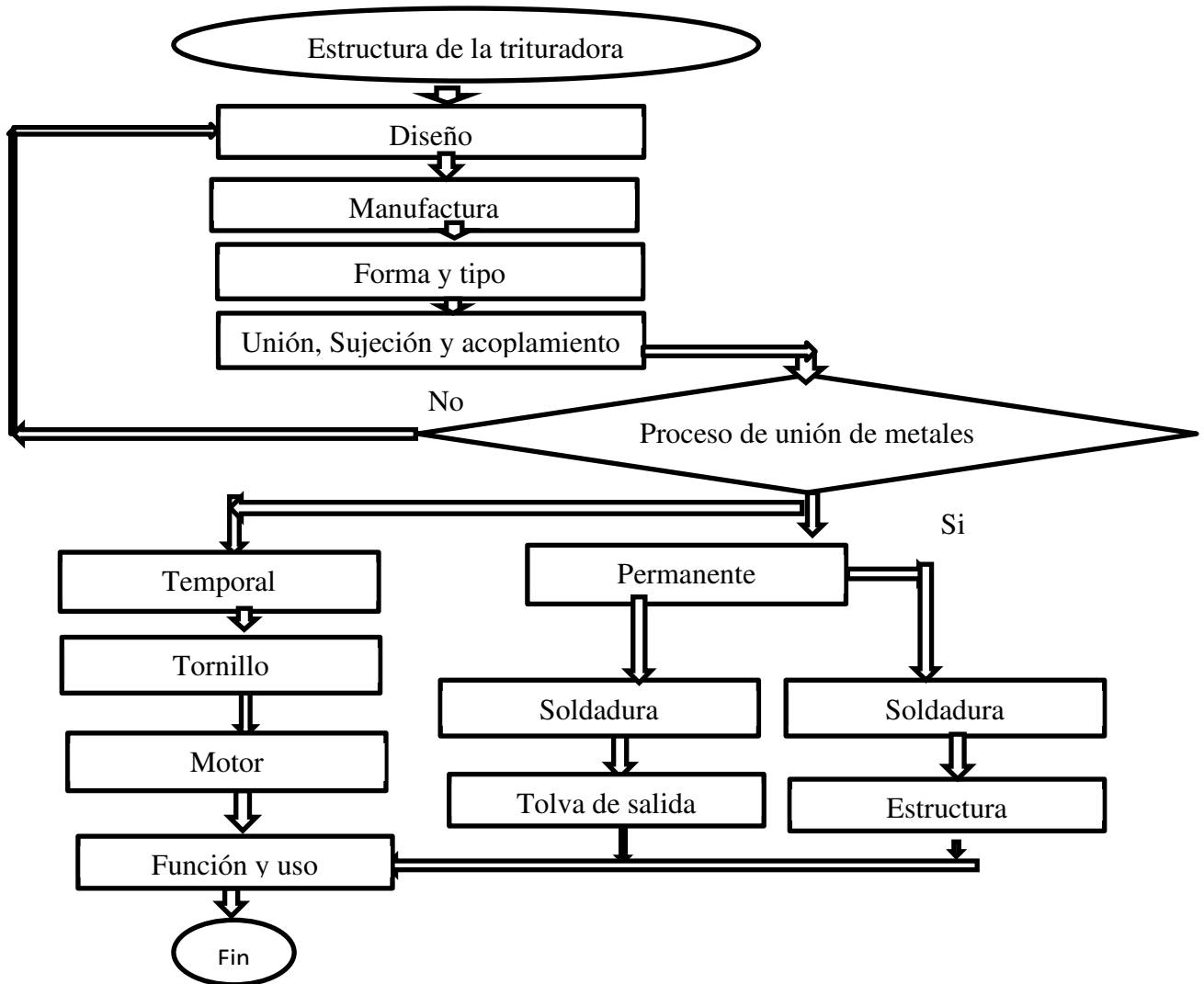


Figura IV.11.- Imagen del diagrama de flujo de procesos de manufactura de la estructura de la trituradora

Resumen-Condensado: Para la manufactura de la estructura de la trituradora se sigue su diseño, posterior a ello la manufactura la cual implica forma y tipo, esta se le da mediante el corte de la lámina por cizalla, la cual tiene forma de banco, esta presenta uniones propias permanentes y con la tolva de salida como no se muestra en el diagrama, también, está unida temporalmente a la caja de trituración y contiene una unión temporal al motor mediante un tornillo.

Diagrama de flujo de procesos de manufactura de la tolva de salida.

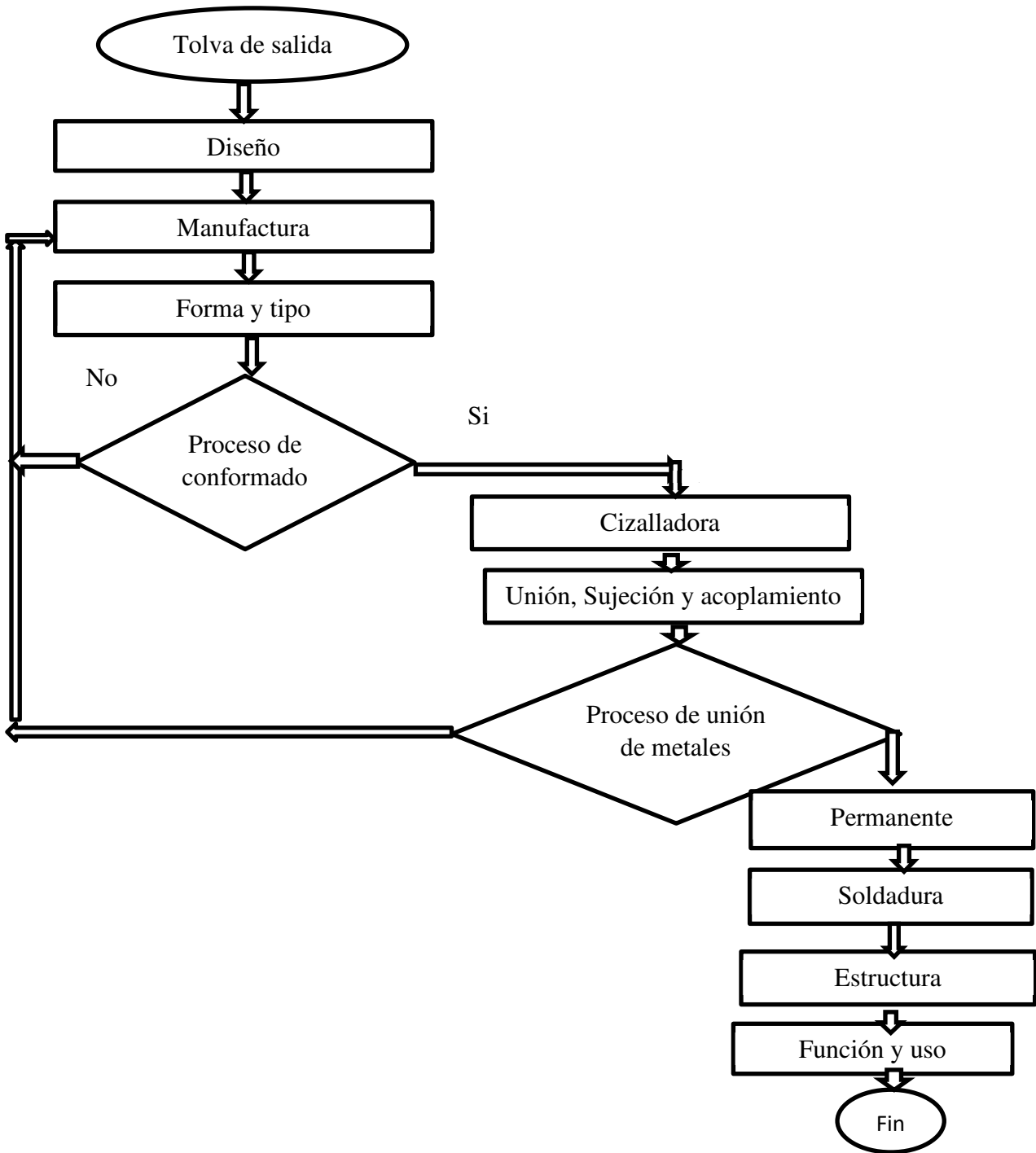


Figura IV.12.- Imagen del diagrama de flujo de procesos de manufactura de la tolva de salida.

Resumen-Condensado: Para la manufactura de la tolva de salida se sigue su diseño, posterior a ello la manufactura la cual implica forma y tipo, el corte de su lamina es por cizallado, y está unida a los elementos mostrados en la imagen (Figura IV.11) como se indica.

Se ejemplifica con un diagrama flujo de los procesos de producción que existen en la máquina trituradora.

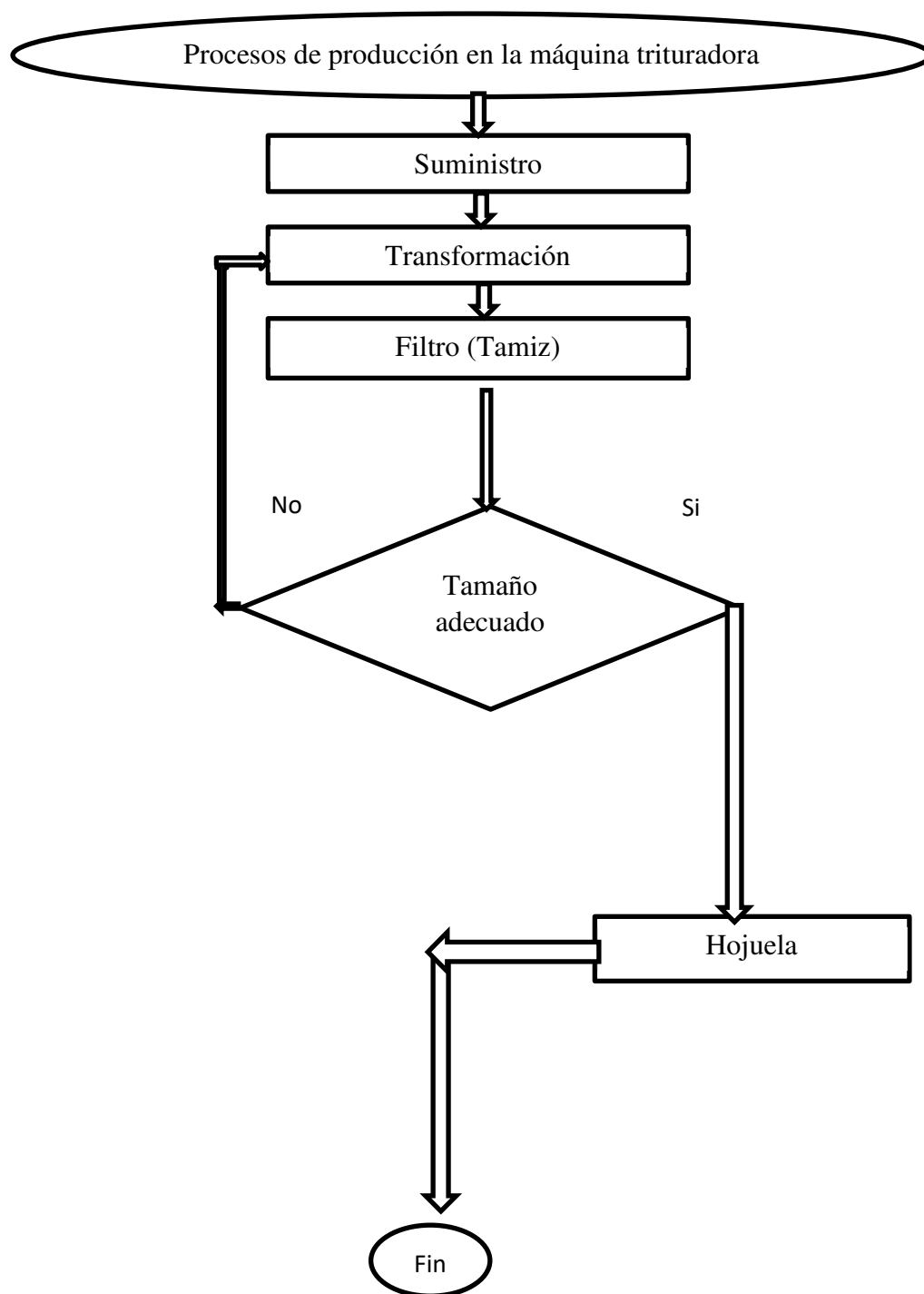





Figura IV.13.- Imagen del diagrama de flujo de procesos de manufactura en la trituradora


Resumen-Condensado: Se garantiza el abasto de la materia prima (Suministro), en consecuencia, se hace el corte de los envases en trozos más pequeños (Transformación), hasta llegar al tamaño deseado de la hojuela (Filtro-Tamizado).

IV.4.- A continuación, se muestran; el proceso de manufactura que arroja la fabricación de la máquina extrusora, así como la producción de la barra redonda en esta máquina y sus procesos del PEAD en ella.

Tabla IV.2.- Fabricación de las partes y elementos de la maquina extrusora, producción del PEAD en la máquina extrusora e indicación de sus procesos productivos del PEAD en esta máquina.

Manufactura de los componentes y elementos	Componente/Elemento	Manufactura del PEAD	Procesos del PEAD
<p>1.- Tolva.</p> <p>En su manufactura se considera la forma para el mejor manejo de la hojuela, se hace de lámina, en su fabricación tiene un proceso de conformado por cizalla, contiene una unión permanente con soldadura junto al cilindro.</p>		<p>Objetivo: se ingresa la hojuela de PEAD haciendose la alimentación de la materia prima (hojuela) a la maquina .</p>	<p>Proceso de suministro (Hojuela)</p>
<p>2.- Husillo.</p> <p>Presenta un proceso de maquinado que se realiza en el torno para darle la</p>		<p>Objetivo:Transporta las hojuelas y produce el flujo PEAD</p>	<p>Proceso de conformado</p>

<p>forma deseada y se encuentra acoplado y sujeto a la caja de baleros.</p>			
<p>3.- Cilindro. Su manufactura requiere un proceso de maquinado el cual se realiza en el torno para darle el espacio deseado, tiene uniones permanentes y temporales. La permanente se presenta en la Tolva, y las temporales son por sujeción y Acoplamientos, la sujeción en con tornillos en la boquilla y los acoplamientos están en la caja de baleros y en la resistencia eléctrica.</p>		<p>Función: Aloja el material a transportar por el husillo.</p>	<p>Proceso de conformado</p>

<p>4.- Estructura.</p> <p>Su forma es un banco, el cual tiene un proceso de conformado por medio de cizalla y tiene uniones permanentes propias y temporales por sujeción y acoplamientos, la sujeción es con tornillos uniendo a la boquilla, los acoplamientos se presentan en el motor y en la caja de baleros.</p>		<p>Objetivo: Dar soporte a la maquina</p>	
<p>5.- Boquilla.</p> <p>Para darle su forma es necesario un proceso de maquinado el cual se realiza en el torno este solamente está sujeto mediante</p>		<p>Función: Da la forma requerida y seleccionada.</p>	<p>Proceso de formado (Barra Redonda)</p>

tornillos al cilindro.			
---------------------------	--	--	--

IV.5.- Procesos de Manufactura de los componentes de la maquina extrusora presentados en diagramas de flujo.

Diagrama de flujo de la manufactura tolva de alimentación.

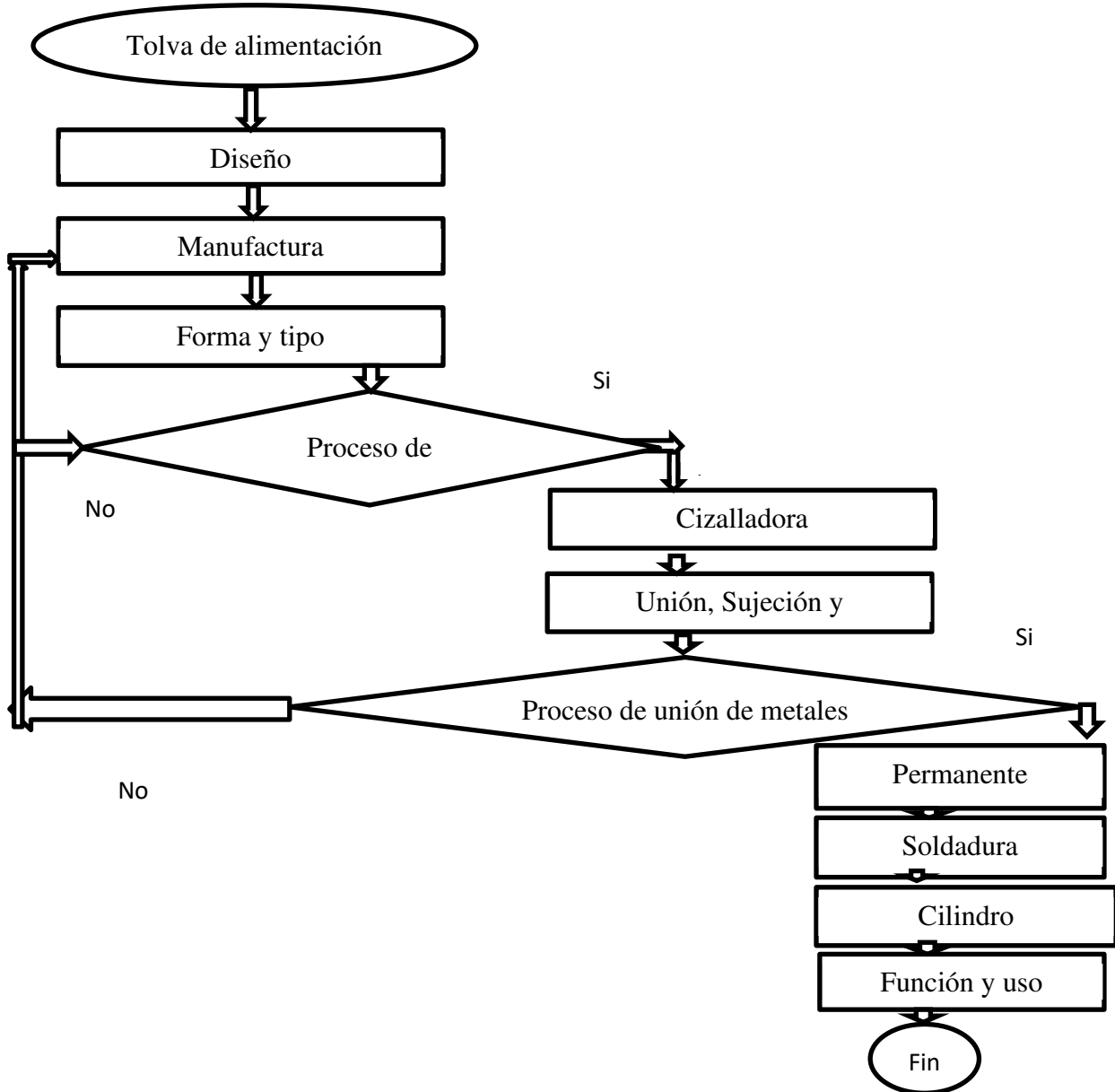


Figura IV.14.- Ilustración del diagrama de flujo de procesos de manufactura de la tolva de alimentación

La manufactura de la tolva de alimentación se hace siguiendo su diseño, posterior a ello, sigue la manufactura esta manufactura implica forma y tipo, que se le da mediante el corte de la lámina por cizallado la cual tendrá uniones propias permanentes y uniones temporales con los elementos que se muestran en la imagen (IV.13).

Diagrama de flujo de la manufactura del husillo

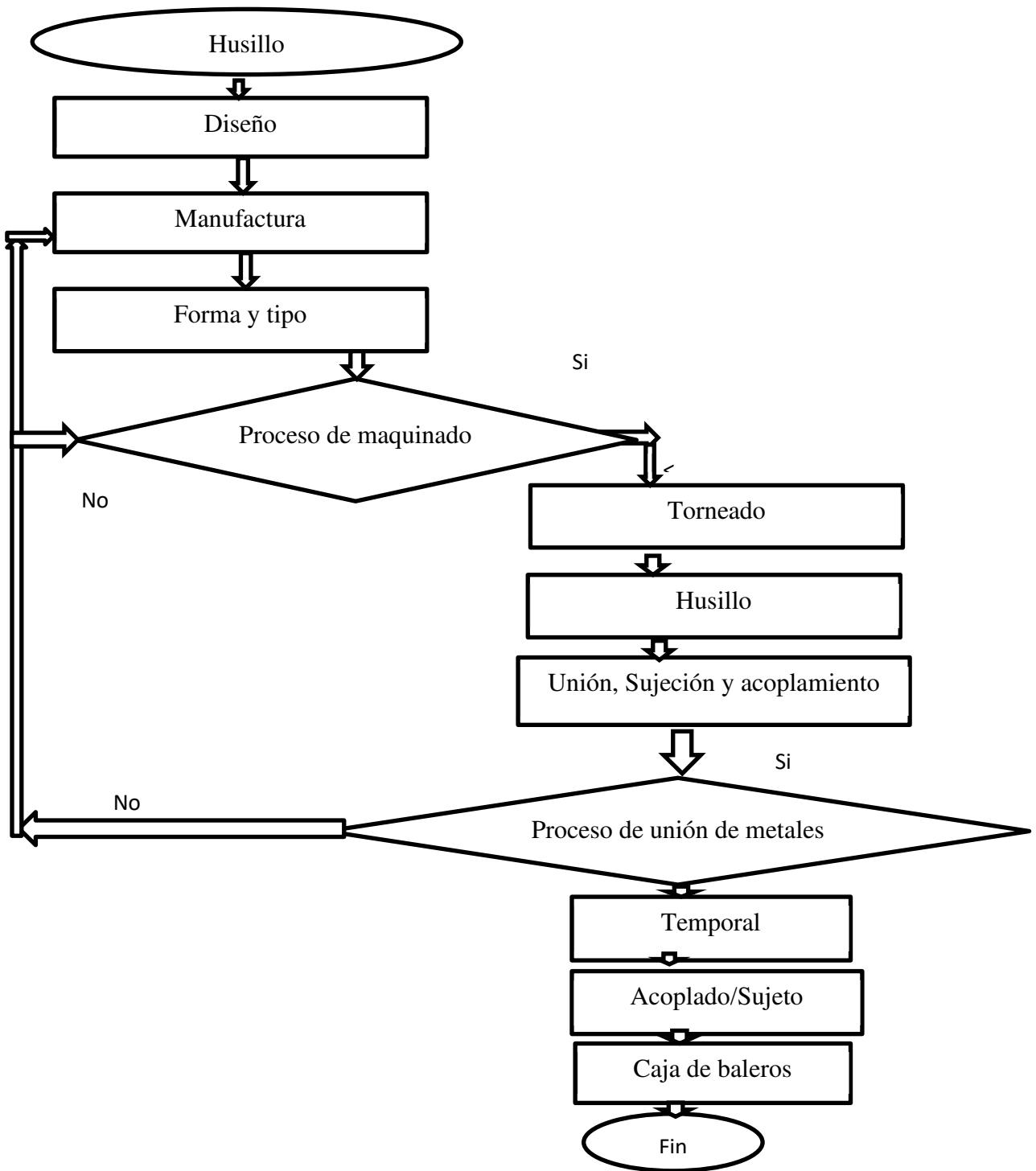


Figura IV.15.- Imagen del diagrama de flujo de procesos de manufactura del husillo

Resumen-Condensado: Su manufactura se hace a partir de su diseño, en cuanto a su manufactura se le da la forma con maquinaria como el torno, el troquel y/o la fresa (agujeros para sus uniones), en cuanto a las uniones presenta: una unión temporal, gracias al acoplamiento con la caja de baleros.

Diagrama de flujo de la manufactura del cilindro.

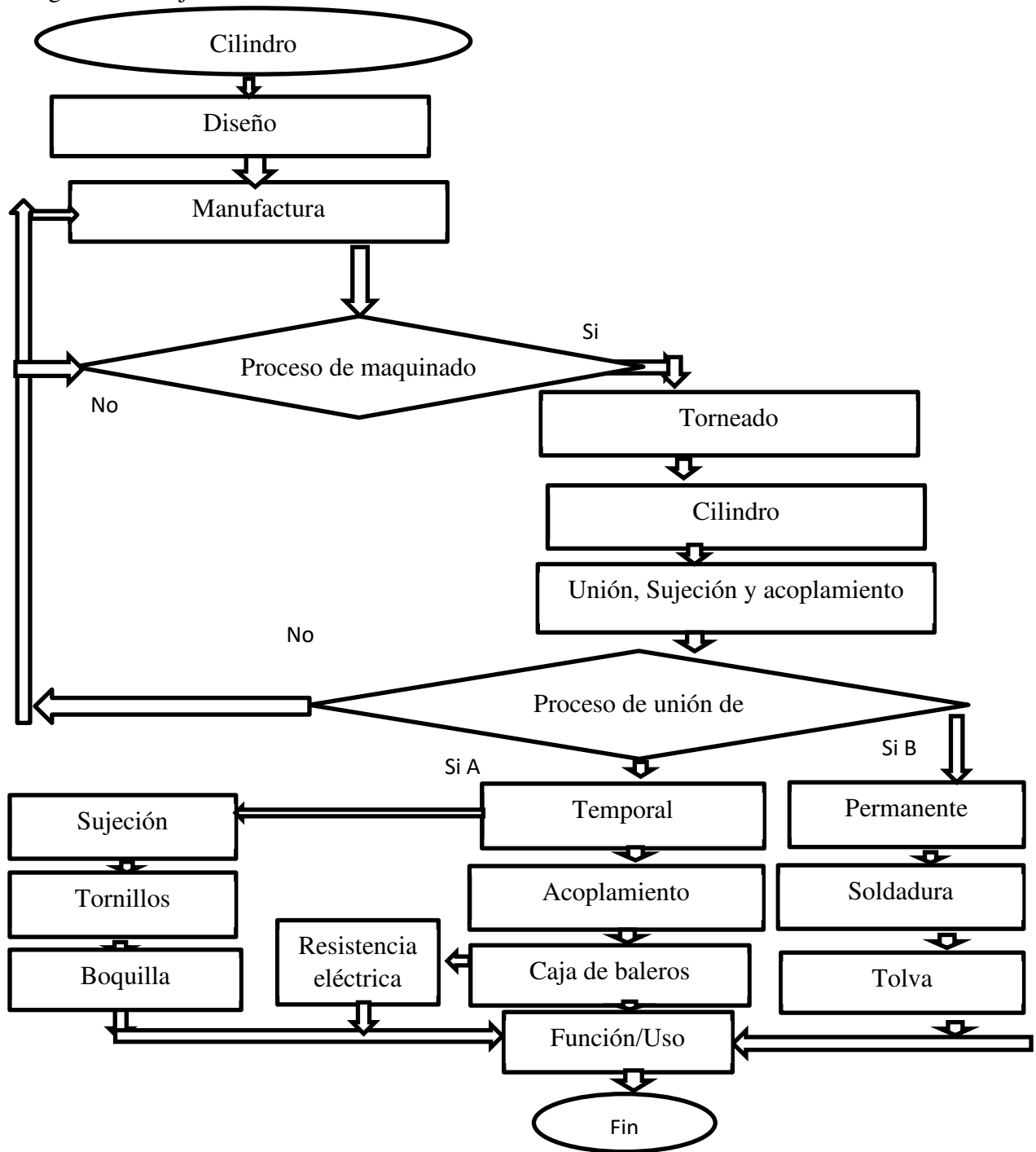


Figura IV.16.- Ilustración del diagrama de flujo de procesos de manufactura del cilindro

Resumen-Condensado: Su manufactura se hace partir de su diseño, en cuanto su manufactura se le da la forma con maquinaria como el torno (para contener al eje en este caso el husillo), el troquel y/o la fresa (agujeros para sus uniones), en cuanto a las uniones: presenta una unión temporal, que acopla a la resistencia eléctrica y a la caja de baleros además tiene sujeción con tornillos que la unen con la boquilla y posee unión permanente con la tolva.

Diagrama de flujo de la manufactura de la estructura da la extrusora

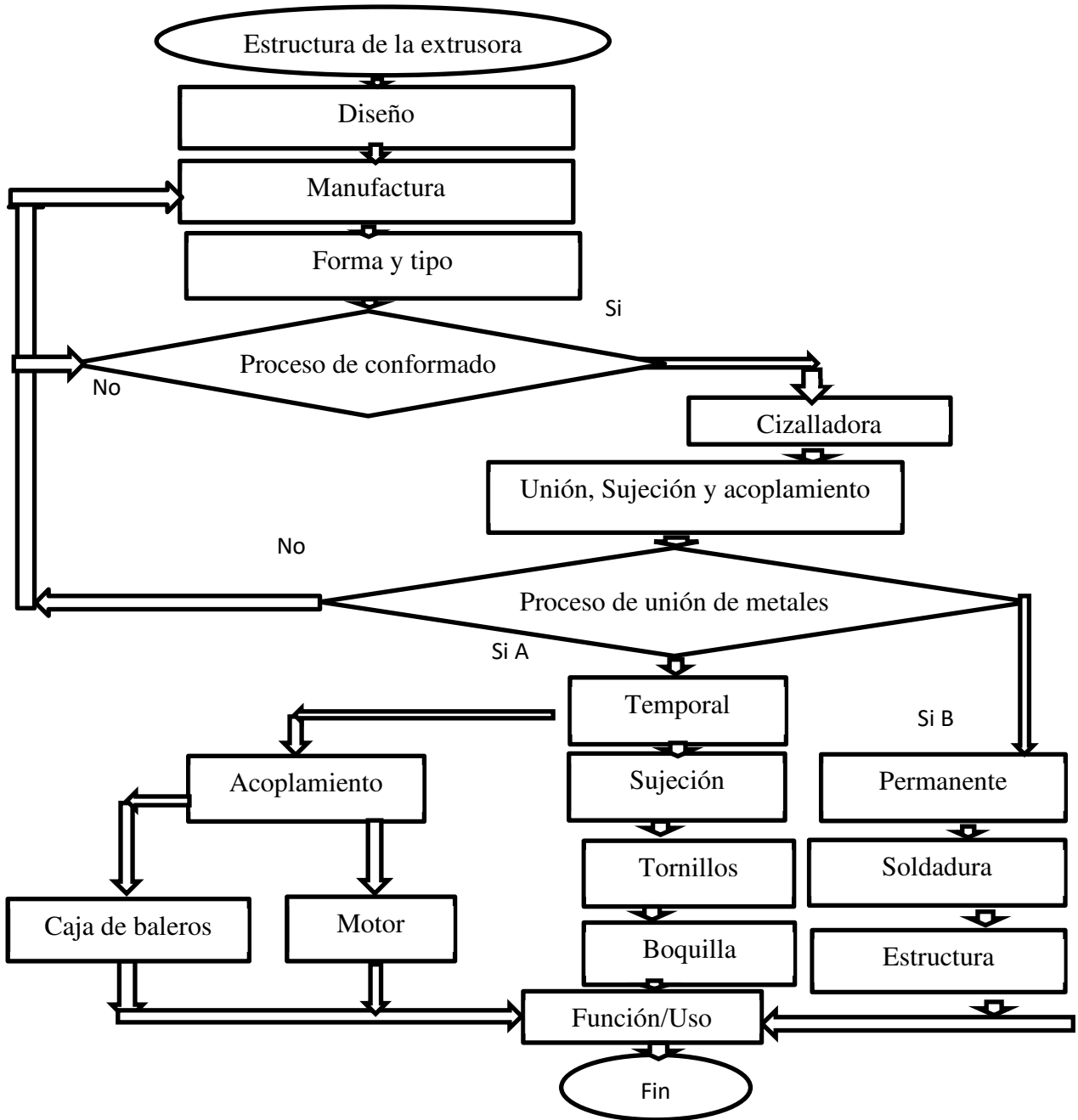


Figura IV.17.- Imagen de diagrama de flujo de procesos de manufactura de la estructura de la extrusora

Resumen-Condensado: Para la manufactura de la estructura de la extrusora se sigue su diseño, posterior a ello su manufactura, la cual implica forma y tipo, esta se le da mediante el corte por cizalla, creando la forma de banco, tiene uniones propias permanentes y temporales, sujeta con tornillos a la boquilla y acopla a la caja de baleros (quien funge como el reductor de velocidad y

garantiza la cantidad de movimiento requerido), por el otro extremo quien acopla al motor.
 Diagrama de flujo de la manufactura de la boquilla.

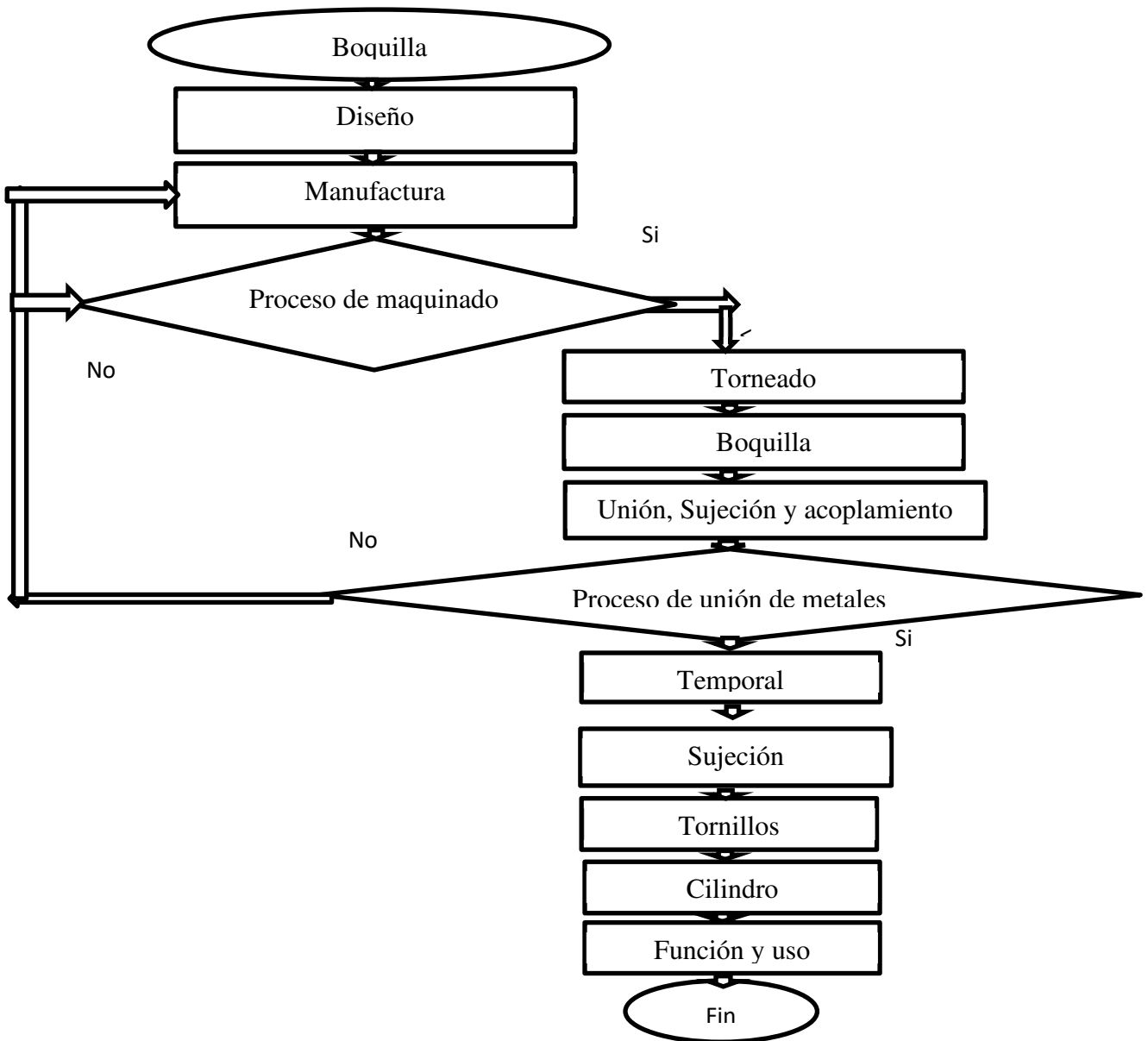


Figura IV.18.- Ilustración del Diagrama de flujo de procesos de manufactura de la boquilla

Resumen-Condensado: Su manufactura se hace partir de su diseño, en cuanto su manufactura se le da la forma con maquinaria como el torno, el troquel y/o la fresa (agujeros para sus uniones), en cuanto a las uniones: presenta una unión temporal por medio de tornillos con el cilindro de la extrusora, por lo que podrá reemplazarse a placer para producir la forma que se elija, requiera o demande por fabricarse.

*Los diagramas de los elementos faltantes de ambas maquinas no se presentan porque están implícitos dentro de otros

Diagrama de flujo de los procesos de producción que comprenden a la maquina extrusora.

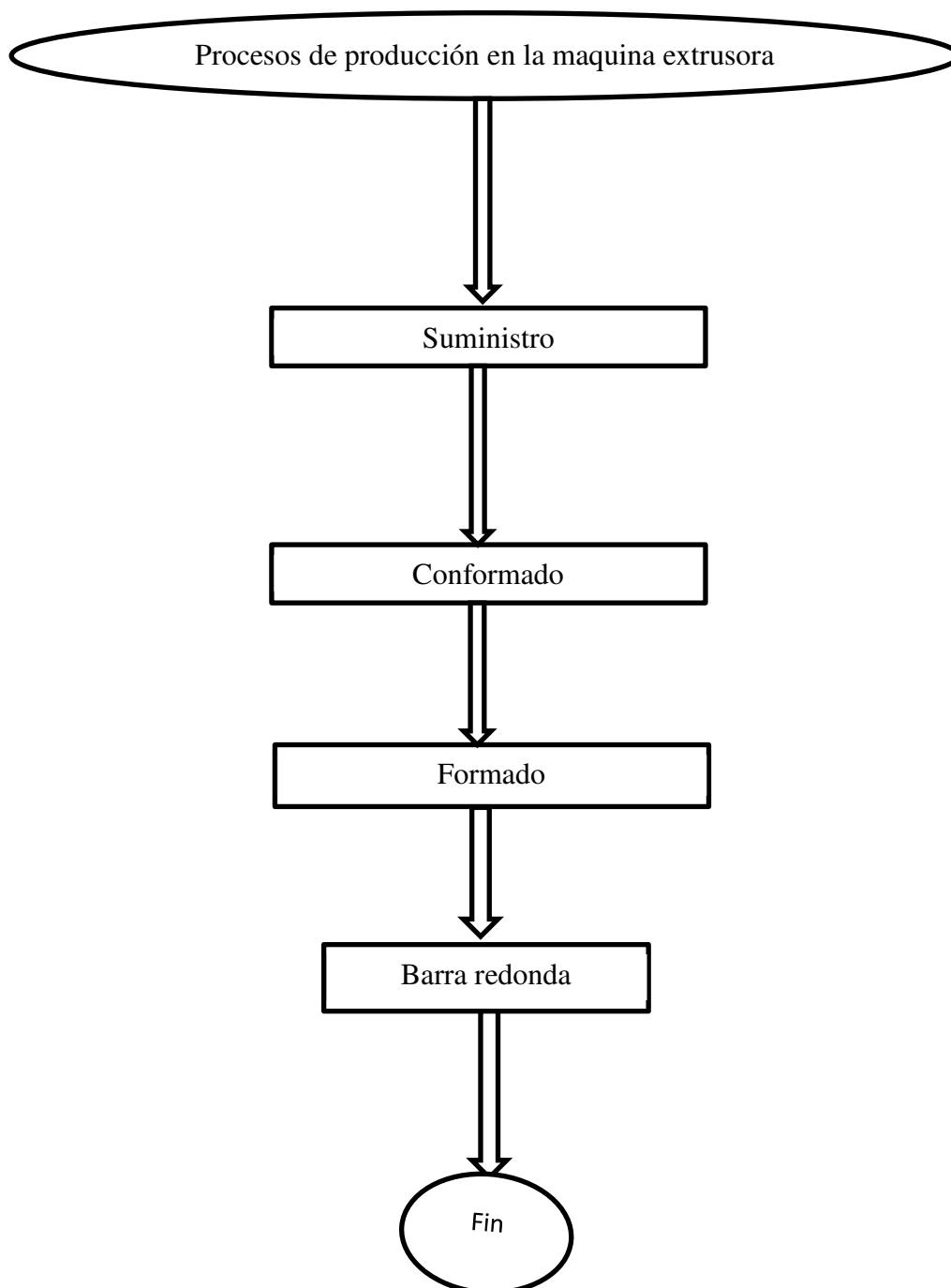


Figura IV.19.- Diagrama de flujo de procesos de manufactura que participan en la extrusora

Resumen-Condensado: Se garantiza el abasto de la materia prima (Suministro), se prepara el material para darle su forma (Conformado), se le da forma al material (Formado), con estos 3 procesos anteriores se obtiene el producto final la barra redonda de PEAD.

Diagrama de flujo de los procesos de producción para la obtención de barra redonda.

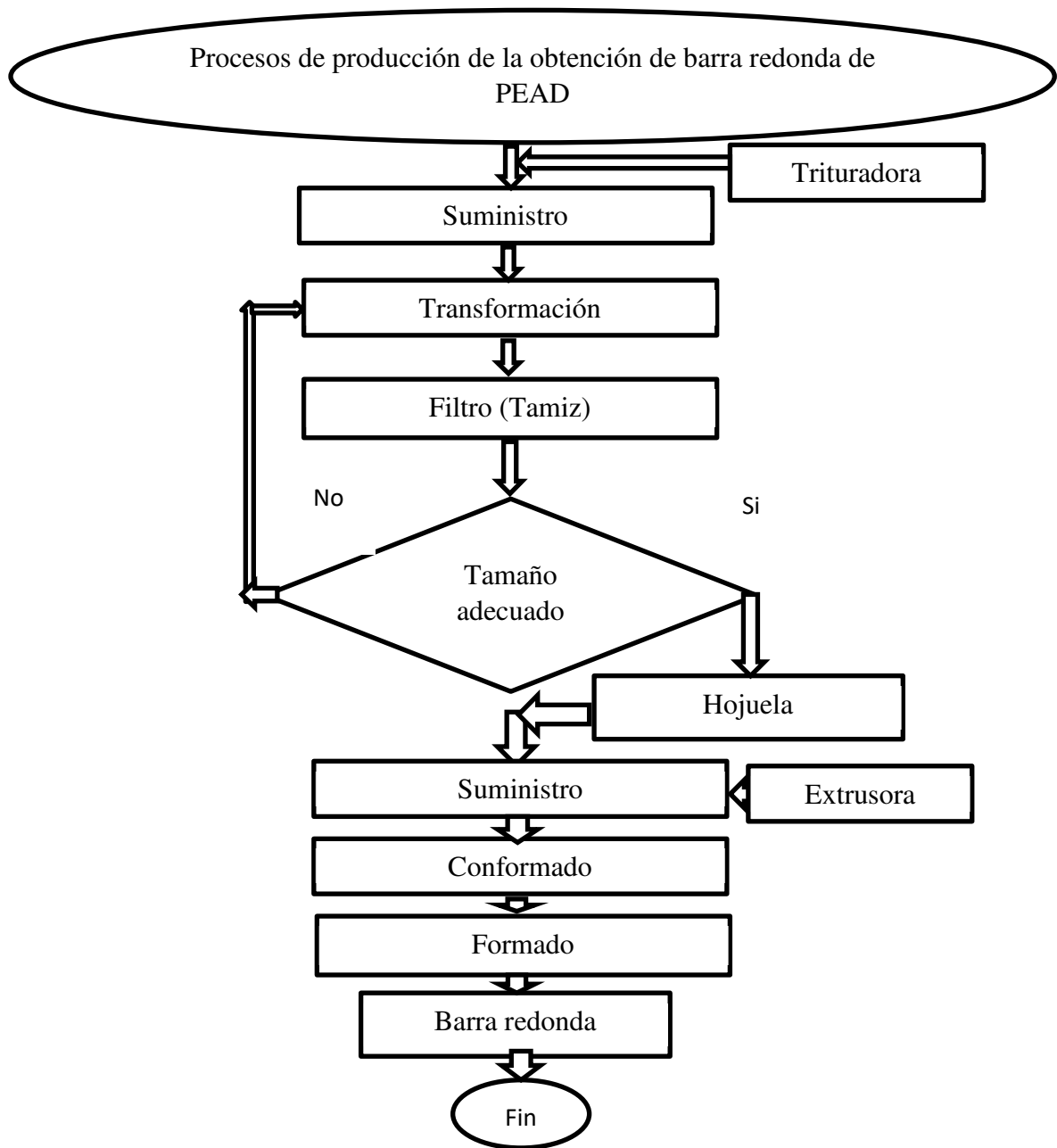


Figura IV.20.- Diagrama de flujo de procesos de manufactura en ambas maquinas

Resumen-Condensado: Para la máquina trituradora se garantiza el abasto de la materia prima (Suministro de desperdicio de PEAD), en consecuencia, se hace el corte de los envases en trozos más pequeños (Transformación), hasta llegar al tamaño deseado de la hojuela (Filtro-Tamizado) en cuanto a la maquina extrusora Se garantiza el abasto de la materia prima (Suministro de hojuela de PEAD), se prepara el material para darle su forma (Conformado), se le da forma al material (Formado), con estos 3 procesos anteriores se obtiene el producto final la barra redonda de PEAD.

IV.6.- Algunas consideraciones e instructivo del uso de las maquinas

- 1) El proceso inicia con el desperdicio de PEAD
- 2) Se recolectan manualmente el desperdicio de PEAD clasificándolo de los otros plásticos
- 3) Se hace un lavado manual de los desperdicios de PEAD para evitar impurezas que dañen las cuchillas de la trituradora
- 4) Son Ingresadas manualmente a la tolva de la trituradora
- 5) Estos desperdicios de PEAD se hacen más pequeños y pasan a ser hojuelas.
- 6) La hojuela saldrá por la tolva de salida y cae en un recipiente para su almacenamiento
- 7) El recipiente con las hojuelas de PEAD se vaciará paulatinamente en la tolva de la extrusora ya que esta tiene una capacidad menor.
- 8) La hojuela saldrá como barra redonda
- 9) Por último, enfriara la barra a temperatura ambiente

IV.7.- Sumario

En este capítulo se toman en cuenta procesos de formado y recubrimiento metálico a los cuales, se les da un uso para cada elemento de las maquinas las cuales también tienen un proceso de conformado que puede ser a partir de un torno y una fresa en los cuales se discierne para el uso en cada elemento a través de las necesidades. Para el proceso de manufactura de la Barra de PEAD es con base a una extrusión. Con el fin de garantizar la calidad del producto terminado el tiempo y el costo se decidió incluir en el diseño para la fabricación de la máquina y la producción del PEAD los procesos que se tomaron en cuenta y se indicaron.

IV.8.- Referencias

- 1.- Lovatt A. y Shercliff H., *Selección del Proceso de Fabricación en el Diseño de Ingeniería. Parte 1: El Papel de la Selección de Procesos*, Ed. Materiales y diseño, 1998.

CAPÍTULO V

Costos y evaluación de operación (Con base a su rentabilidad económica)

V.1.- Introducción

Este análisis de costos tendrá por objeto en su primera etapa el conocer las variables de decisión que influyen para elegir y evaluar el costo/beneficio de la solución (La fabricación de la máquina y la producción del PEAD a partir del reprocesó).

En su segunda etapa tomara los criterios de los costos y análisis de un proyecto productico que conlleven y garanticen el emprendimiento y a la empresa formada, con base en la solución planteada.

Costos:

Secuencia del desarrollo estimado: especificaciones, catálogo de conceptos y cuantificación de las máquinas y el bien producido.

Especificaciones.

Se desarrollarán: dos máquinas; una trituradora y una extrusora, estas estarán hechas de materiales: principalmente metales y serán maquinadas en tornos y fresas algunas piezas, también se necesitará soldadura para unir algunas piezas además de su troquelado y dobléz según sus requerimientos.

Y se desarrollara también el análisis del bien.

Se toma como base de análisis lo marcado en la metodología según el criterio de la bibliografía contenida en el texto del libro: Tufiño [V.1]

V.1.1.-Catálogo de conceptos.

Para abreviar; se parte de lo establecido en los procesos de manufactura para el análisis de costos por parte o por proceso junto su determinación.

V.2.-Costos de fabricación de la maquina por piezas/parte Trituradora

Los procesos incluyen el costo de la mano de obra y resultan del análisis del precio unitario respectivo.

Los índices racionalizan su uso en la aplicación de principios y técnicas, para resolver problemas de estimación de costos, control de costos, evaluación económica y rentabilidad.

Tabla V.1.- Costos de fabricación de la tolva de alimentación

Costos Manufactura de la tolva		\$							
		1,522.00							
Proceso/pieza	Costo (\$)	Tiempo(h)	Características (capacidad= m³)	Índice (\$/h)	Índice (h/\$)	Índice (\$/m³)	Índice(m³/\$)	Índice (h/m³)	Índice (\$/m³)
Materiales	510	16	0.0133227	31.875	0.031372549	38280.52872	2.61229E-05	1200.957764	38280.52872
Conformado	675	12	0.0133227	56.25	0.017777778	50665.40566	1.97373E-05	900.7183229	50665.40566
Ensamblaje	337	8	0.0133227	42.125	0.023738872	25295.1729	3.95332E-05	600.4788819	25295.1729
	Σ = 1522	Σ = 36		Σ = 130.25	Σ = 0.07288	Σ = 11424.11073	Σ = 8.53935E-05	Σ = 2702.154969	Σ = 11424.11073

Para el cálculo del costo de fabricación total de la tolva de Alimentación se consideran tres tipos de recurso: los valores de materiales, el conformado y el ensamblaje.

Tabla V.2.- Costos de fabricación del alineador

Costos Manufactura del Alineador			\$						
			400.00						
Proceso/pieza	Costo (\$)	Tiempo(h)	Características (capacidad)	Índice (\$/h)	Índice (h/\$)	Índice (\$/cm³)	Índice(cm³/\$)	Índice (h/cm³)	Índice (\$/cm³)

			ad= cm ²)						
Material es	100	16	10	6.25	0.16	10	0.1	1.6	10
Conform ado	200	6	10	33.333 33	0.03	20	0.05	0.6	20
Ensambl aje	100	1	10	100	0.01	10	0.1	0.1	10
	Σ = 400	Σ = 23		Σ =139.5 833	Σ =0. 2	Σ =40	Σ =0.25	Σ =2.3	Σ =40

Tabla V.3.- Costos de fabricación de la cuchilla

Costos Manufactura de la Cuchilla			\$ 1,300.00						
Proceso/ pieza	Cost o (\$)	Tiemp o(h)	Caracter ísticas (capacid ad= cm³)	Índic e (\$/)	Índic e (h/\$)	Índice (\$/cm ^3)	Índice(c m³/)	Índic e (h/cm ^3)	Índice (\$/cm ^3)
Materia les	450	16	10.8	28.12 5	0.035	41.666	0.024	1.481 48	41.666
Confor mado	650	8	10.8	81.25	0.012 3	60.185	0.016	0.740 7	60.185
Ensemb laje	200	3	10.8	66.66 6	0.015	18.518	0.054	0.277 7	18.518

	$\Sigma=1$ 300	$\Sigma=27$		$\Sigma=17$ 6.04	$\Sigma=0.0$ 628	$\Sigma=120$.370	$\Sigma=0.0946$	$\Sigma=2.$ 5	$\Sigma=120$.370
--	-------------------	-------------	--	---------------------	---------------------	----------------------	-----------------	------------------	----------------------

V.2.1.- Costos de fabricación del Eje

Para obtener un costo de fabricación del eje hay que tener en cuenta el cálculo de Velocidad del motor y el diámetro del eje dado en el capítulo III para poder así obtener las RPM del torno y lograr obtener el costo de maquinado del eje.

Velocidad de corte para herramientas de acero rápido

Tabla V.4.- Se muestra la velocidad de corte de algunos materiales; según fuente de datos: (metalmecánica fácil, 2016) [V.2]

Torneado, Fresado, Taladrado, Limado						
	Desbaste		Terminado		Roscado	
Material	Ft/min	m/min	Ft/min	m/min	Ft/min	m/min
Acero para Máquinas	90	27	100	30	35	11
Acero para Herramientas	50	15	75	23	25	8
Hierro Fundido	60	18	80	24	25	8
Bronce	90	27	100	30	25	8
Aluminio	200	61	300	93	60	18
Latón	150	46	200	91	60	18

Estos datos sirven para calcular los costos de maquinado con base en los siguientes procedimientos y consideraciones:

Cálculo de las RPM del torno

$$RPM = \frac{Vc * 12}{\pi * D} \tag{V.1}$$

Donde:

RPM=Revoluciones por minuto

Vc = Velocidad de corte

D=Diámetro [V.2]

Analizando lo que se requiere en este caso los procesos que incluyen maquinado:

Sustituyendo: Para el eje de la trituradora

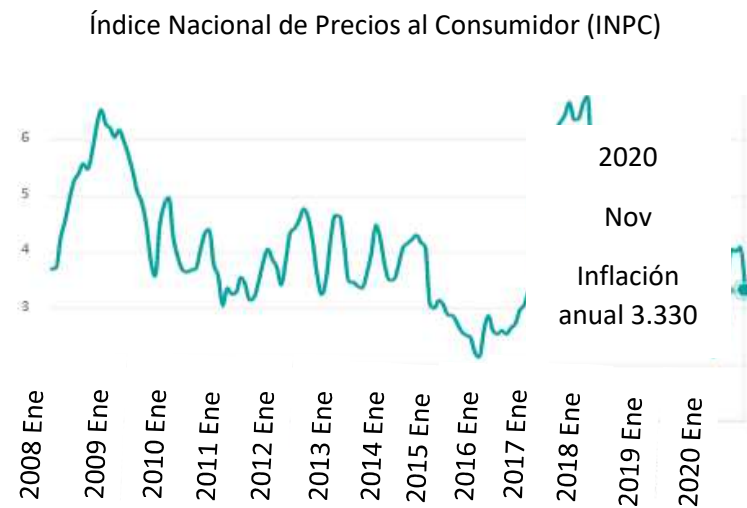
Vc=100 Ft/min

Diámetro=1.5”

$$RPM = \frac{100 \cdot 12}{\pi \cdot 1.5''} = 254.64 \quad V.1a$$

Es decir que se darán 254.64 en un minuto y como en total se trabajaron 1 hora resultaran 15278.4 vueltas.

Índice de inflación:



Fuente: INEGI

Figura V.1.- Se muestra la inflación del mes de noviembre de 2020 la cual es de 3.33 [V.3]

Dado los datos de referencia con fecha del año 2012 el costo unitario de los procesos de maquinado para el torno y la fresa; el torno tiene un Costo unitario de \$.20 y la unidad de medición es 1 vuelta de torno mientras que la fresa la consideraremos semejante. En consecuencia y considerando la inflación se actualizarán los datos anteriores.

Costo de maquinado en noviembre 2012= 15278.4 vueltas *\$.20= \$3,055.68

Actualizando la cantidad con base a la inflación Actual

Costo de maquinado en noviembre 2020= (\$3,055.68) *(1.0333) = \$3156.5174 en la actualidad

Teniendo en cuenta lo anterior se procede a obtener el costo de manufactura del eje

También aquí se puede ver que existe un proceso más el de maquinado ya que es necesario para la conformación.

*Se retoma la sección V.2

Tabla V.5.- Costos manufactura del eje

Costos Manufactura del eje		\$		
		4,927.00		
Proceso/pieza	Costo (\$)	Tiempo(h)	Índice (\$/h)	Índice (h/\$)
Materiales	950	16	59.37	0.0168421
Maquinado	3157	32	98.65	0.0101362
Conformado	500	6	83.33	0.012
Ensamblaje	320	4	80	0.0125
	Σ=4927	Σ=58	Σ=321.36	Σ=0.05147

Tabla V.6.- Costos de fabricación de los limites

Costos Manufactura de los limites	\$
	375.00

Proceso/pieza	Costo (\$)	Tiempo(h)	Índice (\$/h)	Índice (h/\$)
Materiales	120	16	7.5	0.133333333
Conformado	150	6	25	0.04
Ensamblaje	105	1	105	0.00952381
	Σ=375	Σ=23	Σ=137.5	Σ=0.182857143

Tabla V.7.- Costos de fabricación del tamiz por su suministro

Costos Manufactura del Tamiz		\$		
		700.00		
Proceso/pieza	Costo (\$)	Tiempo(h)	Índice (\$/h)	Índice (h/\$)
Materiales	600	16	37.5	0.026666667
Ensamblaje	100	1	100	0.01
	Σ=700	Σ=17	Σ=137.5	Σ=0.036666667

Tabla V.8.- Costos de fabricación de la caja de trituración

Costos Manufactura de la caja de trituración		\$			
		1,700.00			
Proceso/pieza	Costo (\$)	Tiempo (h)	Características (capacidad= m ³)	Índice (\$/h)	Índice(m ³ /h)
Materiales	800	16	0.0054	50	6.756E-06
Conformado	500	16	0.0054	31.25	1.08155E-05
Ensamblaje	400	6	0.00540	66.66666667	1.35193E-05

	$\Sigma=1700$	$\Sigma=38$		$\Sigma=147.9166667$	$\Sigma=3.10944E-05$
--	---------------	-------------	--	----------------------	----------------------

Tabla V.9.- Costos de fabricación de las chumaceras por su suministro

Costos Manufactura de las chumaceras			\$ 1,470.00	
Proceso/pieza	Costo (\$)	Tiempo(h)	Índice (\$/h)	Índice (h/\$)
Materiales	1100	16	68.75	0.014545455
Ensamblaje	370	2	185	0.005405405
	$\Sigma=1470$	$\Sigma=18$	$\Sigma=253.75$	$\Sigma=0.01995086$

Tabla V.10.- Costos de fabricación de las poleas por su suministro

Costos Manufactura de las Poleas			\$ 1,230.00	
Proceso/pieza	Costo (\$)	Tiempo(h)	Índice (\$/h)	Índice (h/\$)
Materiales	800	16	50	0.02
Conformado	230	6	38.33333333	0.026086957
Ensamblaje	200	2	100	0.01
	$\Sigma=1230$	$\Sigma=24$	$\Sigma=188.3333333$	$\Sigma=0.056086957$

Tabla V.11.- Costos de fabricación de la Banda por su suministro

Costos Manufactura de la Banda	\$ 300.00
---------------------------------------	------------------

Proceso/pieza	Costo (\$)	Tiempo(h)	Índice (\$/h)	Índice (h/\$)
Materiales	200	16	12.5	0.08
Ensamblaje	100	1	100	0.01
	Σ=300	Σ=17	Σ=112.5	Σ=0.09

Tabla V.12.- Costos de fabricación de la Tolva de salida

Costos Manufactura de las Tolva de Salida			\$	
			375.00	
Proceso /pieza	Costo (\$)	Tiempo(h)	Índice (\$/h)	Índice (h/\$)
Materiales	100	16	6.25	0.16
Conformado	200	3	66.66666667	0.015
Ensamblaje	75	1.5	50	0.02
	Σ=375	Σ=20.5	Σ=122.9166667	Σ=0.195

Tabla V.13.- Costos de fabricación de la estructura

Costos Manufactura de la Estructura			\$	
			1,300.00	
Proceso/pieza	Costo (\$)	Tiempo(h)	Índice (\$/h)	Índice (h/\$)
Materiales	700	16	43.75	0.022857143
Conformado	300	3	100	0.01
Ensamblaje	300	1.5	200	0.005
	Σ=1300	Σ=20.5	Σ=343.75	Σ=0.037857143

Tabla V.14.- Costos de fabricación del Motor por su suministro

Costos Manufactura del motor		\$		
		3,500.00		
Proceso/pieza	Costo (\$)	Tiempo(h)	Índice (\$/h)	Índice (h/\$)
Materiales	3300	16	206.25	0.004848485
Ensamblaje	200	1.5	133.3333333	0.0075
	$\Sigma=3500$	$\Sigma=17.5$	$\Sigma=339.5833333$	$\Sigma=0.012348485$

V.3.-Costo Total de fabricación de la maquina Trituradora

A continuación, se realiza la sumatoria de los elementos, componentes o piezas de la trituradora para obtener el costo final de ella.

Tabla V.15.- Sumatoria del costo total de los elementos, componentes o piezas de la trituradora.

Elemento	Costo total de manufactura del elemento
Tolva	\$ 1,522.00
Alineador	\$ 400.00
Cuchilla	\$ 1,300.00
Eje	\$ 4,927.00
Limites	\$ 375.00
Tamiz	\$ 700.00
Caja de Trituración	\$ 1,700.00

Chumacera	\$	1,470.00
Poleas	\$	1,230.00
Banda	\$	300.00
Tolva de salida	\$	375.00
Estructura	\$	1,300.00
Motor	\$	3,500.00
Σ	\$	19,099.00

Se puede observar que el costo total de la maquina es de \$19,099.00

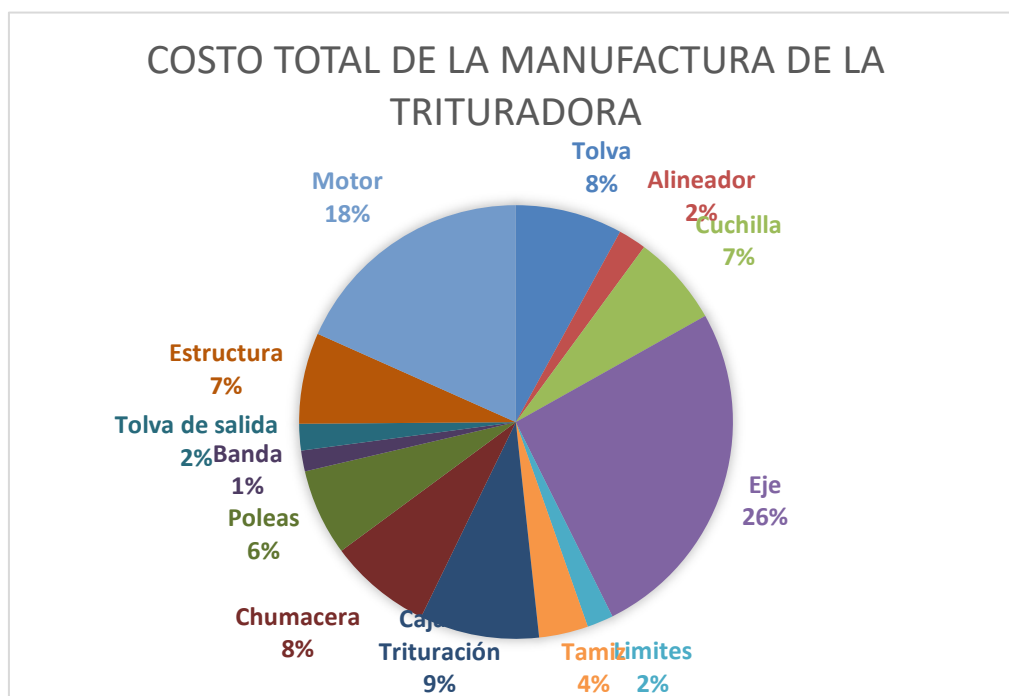


Figura V.2.- Representación del costo total de la trituradora por elementos, componentes o piezas.

Tabla V.16.- Costo total de los elementos, componentes o piezas de la trituradora ordenados de menor a mayor costo.

Elemento	Costo total de manufactura del elemento
Banda	\$ 300.00
Limites	\$ 375.00
Tolva de salida	\$ 375.00
Alineador	\$ 400.00
Tamiz	\$ 700.00
Poleas	\$ 1,230.00
Cuchilla	\$ 1,300.00
Estructura	\$ 1,300.00
Chumacera	\$ 1,470.00
Tolva	\$ 1,522.00
Caja de Trituración	\$ 1,700.00
Motor	\$ 3,500.00

Eje	\$ 4,927.00
------------	------------------------------

Tabla V.17.- Costo total de los elementos, componentes o piezas de la trituradora ordenados de mayor a menor costo.

Elemento	Costo total de manufactura del elemento
Eje	\$ 4,927.00
Motor	\$ 3,500.00
Caja de Trituración	\$ 1,700.00
Tolva	\$ 1,522.00
Chumacera	\$ 1,470.00
Cuchilla	\$ 1,300.00
Estructura	\$ 1,300.00
Poleas	\$ 1,230.00
Tamiz	\$ 700.00

Alineador	\$ 400.00
Limites	\$ 375.00
Tolva de salida	\$ 375.00
Banda	\$ 300.00

Tabla V.18.- Costo total de los elementos, componentes o piezas de la trituradora ordenados de menor a mayor tiempo.

Elemento	Tiempos de manufactura del elemento
Tamiz	17.0
Banda	17.0
Motor	17.5
Chumacera	18.0
Estructura	20.5
Tolva de salida	20.5
Alineador	23.0
Limites	23.0
Poleas	24.0
Cuchilla	27.0

Tolva	30.0
Caja de Trituración	38.0
Eje	58.0

Tabla V.19.- Costo total de los elementos, componentes o piezas de la trituradora ordenados de mayor a menor tiempo.

Elemento	Tiempo total de manufactura del elemento
Eje	58.0
Caja de Trituración	38.0
Tolva	30.0
Cuchilla	27.0
Poleas	24.0
Alineador	23.0
Limites	23.0
Estructura	20.5
Tolva de salida	20.5
Chumacera	18.0
Motor	17.5
Tamiz	17.0

Banda	17.0
-------	------

V.4.-Costos de fabricación de la máquina por piezas/parte extrusora

Los procesos incluyen el costo de la mano de obra

Los índices racionalizan su uso en la aplicación de principios y técnicas, para resolver problemas de estimación de costos, control de costos, evaluación económica y rentabilidad.

Tabla V.20.- Costos de fabricación de la tolva de alimentación

Costos Manufactura de la tolva			\$350.00						
Proceso	Costo (\$)	Tiempo(h)	Características (capacidad= m^3)	Índice (\$/h)	Índice (h/\$)	Índice (\$/ m^3)	Índice(m^3 /h)	Índice (h/ m^3)	Índice (\$/ m^3)
Materiales	100	16	1.30E-05	6.25	0.16	7692307.692	0.00000013	1230769.231	7692307.692
Conformado	150	4	1.30E-05	37.5	0.0266	11538461.54	8.67E-08	307692.3077	11538461.54
Ensamblaje	100	1	1.30E-05	100	0.01	7692307.692	0.00000013	76923.07692	7692307.692
	$\Sigma=350$	$\Sigma=21$		$\Sigma=143.75$	$\Sigma=0.1966$	$\Sigma=26923076.92$	$\Sigma=3.47E-07$	$\Sigma=1615384.615$	$\Sigma=26923076.92$

Tabla V.21.- Costos de fabricación del husillo

Costos Manufactura del husillo	\$ 2,000.00			
Proceso	Costo (\$)	Tiempo(h)	Índice (\$/h)	Índice (h/\$)
Materiales	400	16	25	0.04
Maquinado	1100	24	45.83333333	0.021818182
Conformado	250	4	62.5	0.016
Ensamblaje	250	1	250	0.004
	Σ=2000	Σ=45	Σ=383.3333333	Σ=0.081818182

Tabla V.22.- Costos de fabricación del Cilindro

Costos Manufactura del cilindro	\$ 1,600.00			
Proceso	Costo (\$)	Tiempo(h)	Índice (\$/h)	Índice (h/\$)
Materiales	500	16	31.25	0.032
Maquinado	850	20	42.5	0.023529412
Conformado	100	1	100	0.01
Ensamblaje	150	1	150	0.006666667
	Σ=1600	Σ=38	Σ=323.75	Σ=0.072196078

Tabla V.23.- Costos de fabricación de la Boquilla

Costos Manufactura de la boquilla	\$ 500.00	
--------------------------------------------------	----------------------	--

Proceso	Costo (\$)	Tiempo(h)	Índice (\$/h)	Índice (h/\$)
Materiales	100	16	6.25	0.16
Maquinado	150	6	25	0.04
Conformado	150	1	150	0.006666667
Ensamblaje	100	1	100	0.01
	$\Sigma=500$	$\Sigma=24$	$\Sigma=281.25$	$\Sigma=0.216666667$

Tabla V.24.- Costos de fabricación de las Poleas

Costos Manufactura de las Poleas	\$ 700.00			
Proceso	Costo (\$)	Tiempo(h)	Índice (\$/h)	Índice (h/\$)
Materiales	150	16	9.375	0.106666667
Maquinado	300	12	25	0.04
Conformado	150	4	37.5	0.026666667
Ensamblaje	100	1	100	0.01
	$\Sigma=700$	$\Sigma=33$	$\Sigma=171.875$	$\Sigma=0.183333333$

Tabla V.25.- Costos de fabricación de la Caja de baleros por su suministro

Costos Manufactura de los baleros		\$ 1,050.00		
Proceso	Costo (\$)	Tiempo(h)	Índice (\$/h)	Índice (h/\$)

Materiales	900	16	56.25	0.0177777778
Ensamblaje	150	1	150	0.0066666667
	$\Sigma=1050$	$\Sigma=17$	$\Sigma=206.25$	$\Sigma=0.0244444444$

Tabla V.26.- Costos de fabricación de la Correa por su suministro

Costos Manufactura de la correa		\$ 300.00		
Proceso	Costo (\$)	Tiempo(h)	Índice (\$/h)	Índice (h/\$)
Materiales	200	16	12.5	0.08
Ensamblaje	100	2	50	0.02
	$\Sigma=300$	$\Sigma=18$	$\Sigma=62.5$	$\Sigma=0.1$

Tabla V.27.-Costos de fabricación de la Resistencia Eléctrica por su suministro

Costos Manufactura de la Banda		\$ 470.00		
Proceso	Costo (\$)	Tiempo(h)	Índice (\$/h)	Índice (h/\$)
Materiales	330	16	20.625	0.048484848
Ensamblaje	140	1	140	0.007142857
	$\Sigma=470$	$\Sigma=17$	$\Sigma=160.625$	$\Sigma=0.055627706$

Tabla V.28.-Costos de fabricación de la Estructura

Costos Manufactura de la Estructura	\$ 400.00
--------------------------------------------	------------------

Proceso	Costo (\$)	Tiempo(h)	Índice (\$/h)	Índice (h/\$)
Materiales	150	16	9.375	0.106666667
Conformado	150	3	50	0.02
Ensamblaje	100	1.5	66.666666	0.015
	Σ=400	Σ=20.5	Σ=126.04166	Σ=0.141666667

Tabla V.29.- Costos de fabricación del Motor por su suministro

Costos Manufactura del motor		\$		
		800.00		
Proceso	Costo (\$)	Tiempo(h)	Índice (\$/h)	Índice (h/\$)
Materiales	700	16	43.75	0.022857143
Ensamblaje	100	1	100	0.01
	Σ=800	Σ=17	Σ=143.75	Σ=0.032857143

Tabla V.30.- Costos Total de fabricación de la maquina Extrusora

Elemento	Costo total de manufactura del elemento
Tolva	\$350.00
Husillo	\$2,000.00
Cilindro	\$1,600.00
Boquilla	\$500.00
Poleas	\$700.00

Caja de Baleros	\$1,050.00
Correa	\$300.00
Resistencia Eléctrica	\$470.00
Estructura	\$400.00
Motor	\$800.00
Σ	\$8,170.00

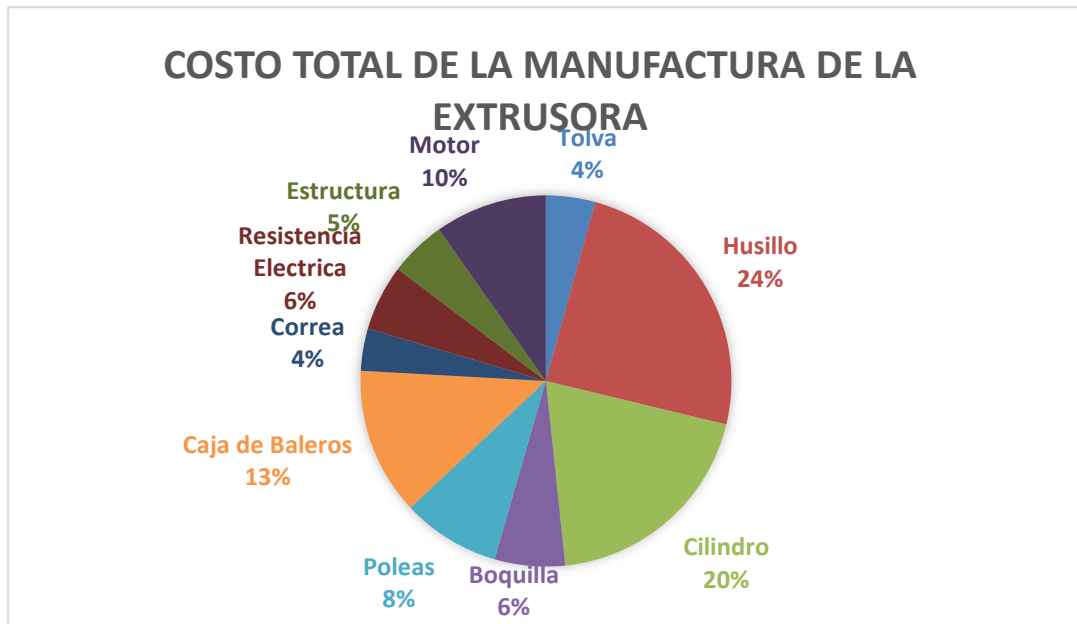


Figura V.3.- Costo total de la manufactura de la extrusora

V.5.-Costos Total de fabricación de la maquina Extrusora

Tabla V.31.- Costo total de manufactura del elemento extrusora ordenado de menor a mayor

Elemento	Costo total de manufactura del elemento
Correa	\$ 300.00
Tolva	\$ 350.00
Estructura	\$ 400.00
Resistencia Eléctrica	\$ 470.00
Boquilla	\$ 500.00
Poleas	\$ 700.00
Motor	\$ 800.00
Caja de Baleros	\$ 1,050.00
Cilindro	\$ 1,600.00
Husillo	\$ 2,000.00

Tabla V.32.- Tiempo total de manufactura del elemento extrusora ordenado de menor a mayor

Elemento	Tiempo de realización por elemento
Caja de Baleros	17
Resistencia Eléctrica	17
Motor	17
Correa	18
Estructura	20.5
Tolva	21
Boquilla	24
Poleas	33
Cilindro	38
Husillo	45

Tabla V.33.- Tiempo total de manufactura del elemento extrusora ordenado de mayor a menor

Elemento	Tiempo de realización por elemento
Husillo	45

Cilindro	38
Poleas	33
Boquilla	24
Tolva	21
Estructura	20.5
Correa	18
Caja de Baleros	17
Resistencia Eléctrica	17
Motor	17

V.6.-Costos Total de fabricación de ambas maquinas

El costo total de la fabricación de ambas maquinas es equivalente a la suma de todos los procesos y partes de todos los elementos que implican la manufactura de ellas.

Tabla V.34.- Abreviación de los elementos con sus respectivos costos

Elemento	Abreviación	Costo total de manufactura del elemento
Tolva de la trituradora	To T	\$ 1,522.00
Alineador de la trituradora	Al T	\$ 400.00
Cuchilla de la trituradora	Cu T	\$ 1,300.00
Eje de la trituradora	Eje T	\$ 4,927.00
Límites de la trituradora	Li T	\$ 375.00
Tamiz de la trituradora	Ta T	\$ 700.00

Caja de Trituración de la trituradora	Cr T	\$ 1,700.00
Chumacera de la trituradora	Ch T	\$ 1,470.00
Poleas de la trituradora	Po T	\$ 1,230.00
Banda de la trituradora	Ba T	\$ 300.00
Tolva de salida de la trituradora	Ts T	\$ 375.00
Estructura de la trituradora	Es T	\$ 1,300.00
Motor de la trituradora	Mo T	\$ 3,500.00
Tolva de la extrusora	To E	\$ 350.00
Husillo de la extrusora	Hu E	\$ 2,000.00
Cilindro de la extrusora	Ci E	\$ 1,600.00
Boquilla de la extrusora	Bo E	\$ 500.00
Poleas E de la extrusora	Po E	\$ 700.00
Caja de Baleros de la extrusora	Cj E	\$ 1,050.00
Correa de la extrusora	Co E	\$ 300.00
Resistencia Eléctrica de la extrusora	Re E	\$ 470.00
Estructura de la extrusora	Es E	\$ 400.00
Motor de la extrusora	Mo E	\$ 800.00
	Σ	\$ 27,269.00

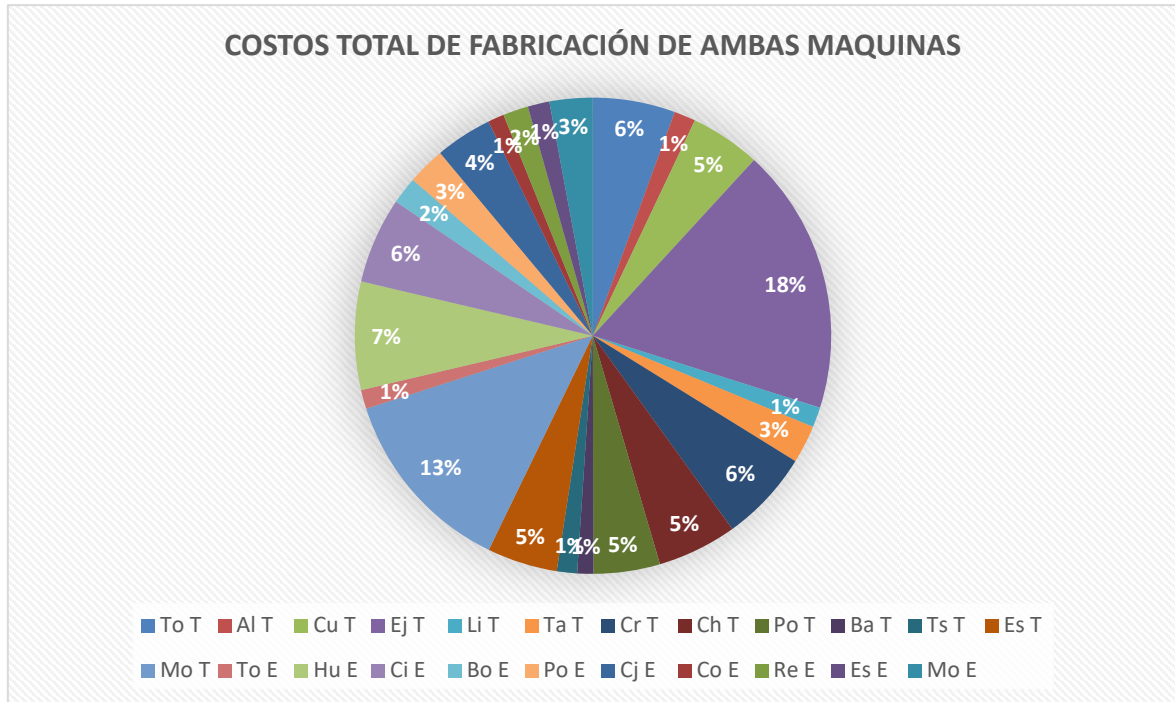


Figura V.4.- Costos total de fabricación de ambas maquinas

V.7.-Costos y tiempos de la de producción de ambas maquinas

Se sabe la capacidad en Kg de la tolva de alimentación de la trituradora gracias a la fórmula de la densidad:

Formula:

$$\rho = \frac{m}{v} \tag{V.2}$$

Donde:

ρ_{PEAD} = Densidad del PEAD =940 kg/m³

v =Volumen de la tolva = 0.0133227 m³ = 813.6563 pulg³

m = Kg de PEAD en la tolva

Despejando para obtener m

$$m = \rho * v$$

Sustituyendo

$$m = 940 \text{ kg/m}^3 * 0.0133227 \text{ m}^3 = 12.5233 \text{ Kg}$$

Se realiza lo mismo, pero ahora para saber los kg por hora en la extrusora

Formula:

$$\rho = \frac{m}{v} \tag{V.2}$$

Donde:

$$\rho_{\text{PEAD}} = \text{Densidad del PEAD} = 940 \text{ kg/m}^3$$

$$v = \text{Volumen de la tolva} = 0.000221 \text{ m}^3 = 3'' * 3'' * 1.5''$$

m = Kg de PEAD en la tolva

Despejando para obtener m

$$m = \rho * v \tag{V.2a}$$

Sustituyendo

$$m = 940 \text{ kg/m}^3 * 0.000221 \text{ m}^3 = 207.74 \text{ g}$$

Evaluación

La evaluación en los costos determinadas por los índices y rendimientos con base en el análisis de los recursos y los insumos, así como su repercusión en los precios unitarios, nos proporcionara un panorama ágil para tomar la mejor decisión con respecto al criterio que se tome como solución a partir de su referencia.

Tabla V.35.- Se muestra la numeración que se otorga por elemento de la trituradora

Número	Elemento
1	Tolva
2	Alineador
3	Cuchillas

4	Eje
5	Limites
6	Tamiz
7	Caja de trituración
8	Chumacera
9	Poleas
10	Banda
11	Tolva de salida
12	Estructura
13	Motor

Tabla V.36.- Se muestran los procesos

Elemento	Proceso	Costo (\$)
Tolva	Materiales 1	510
	Conformado 1	675
	Ensamblaje 1	337
Alineador	Materiales 2	450
	Conformado2	650
	Ensamblaje 2	200
Eje	Materiales 3	450

	Conformado 3	650
	Ensamblaje 3	200
Limites	Materiales 4	950
	Maquinado 4	3157
	Conformado 4	500
	Ensamblaje 4	320
Tamiz	Materiales 5	120
	Conformado 5	150
	Ensamblaje 5	105
Caja de trituración	Materiales 6	600
	Ensamblaje 6	100
Chumacera	Materiales 7	800
	Conformado 7	500
	Ensamblaje 7	400
Poleas	Materiales 8	1100
	Ensamblaje 8	370
Tolva de salida	Materiales 9	800
	Conformado 9	230
	Ensamblaje 9	200

Estructura	Materiales 10	200
	Ensamblaje 10	100
Eje	Materiales 11	100
	Conformado 11	200
	Ensamblaje 11	75
Tamiz	Materiales 12	700
	Conformado 12	300
	Ensamblaje 12	300
Poleas	Materiales 13	3300
	Ensamblaje 13	200

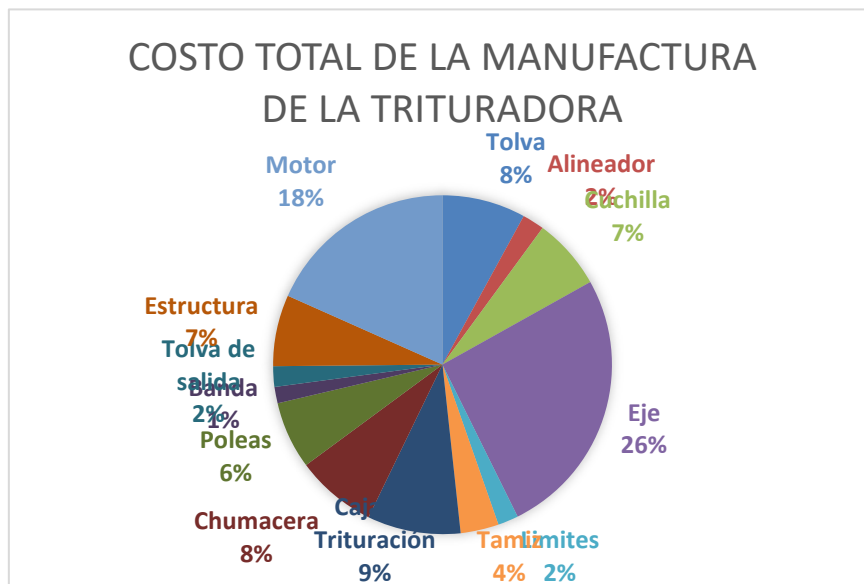


Figura V.5.- Costo total de la manufactura de la trituradora**Tabla V.37.-Costos de la manufactura y partes de la trituradora ordenada de mayor a menor**

Proceso	Costo (\$)
Materiales 13	3300
Maquinado 4	3157
Materiales 8	1100
Materiales 4	950
Materiales 7	800
Materiales 9	800
Materiales 12	700
Conformado 1	675
Conformado2	650
Conformado 3	650
Materiales 6	600
Materiales 1	510
Conformado 4	500
Conformado 7	500
Materiales 2	450

Materiales 3	450
Ensamblaje 7	400
Ensamblaje 8	370
Ensamblaje 1	337
Ensamblaje 4	320
Conformado 12	300
Ensamblaje 12	300
Conformado 9	230
Ensamblaje 2	200
Ensamblaje 3	200
Ensamblaje 9	200
Materiales 10	200
Conformado 11	200
Ensamblaje 13	200
Conformado 5	150
Materiales 5	120
Ensamblaje 5	105
Ensamblaje 6	100

Ensamblaje 10	100
Materiales 11	100
Ensamblaje 11	75

La siguiente figura muestra los costos de proceso fabricación de la trituradora.

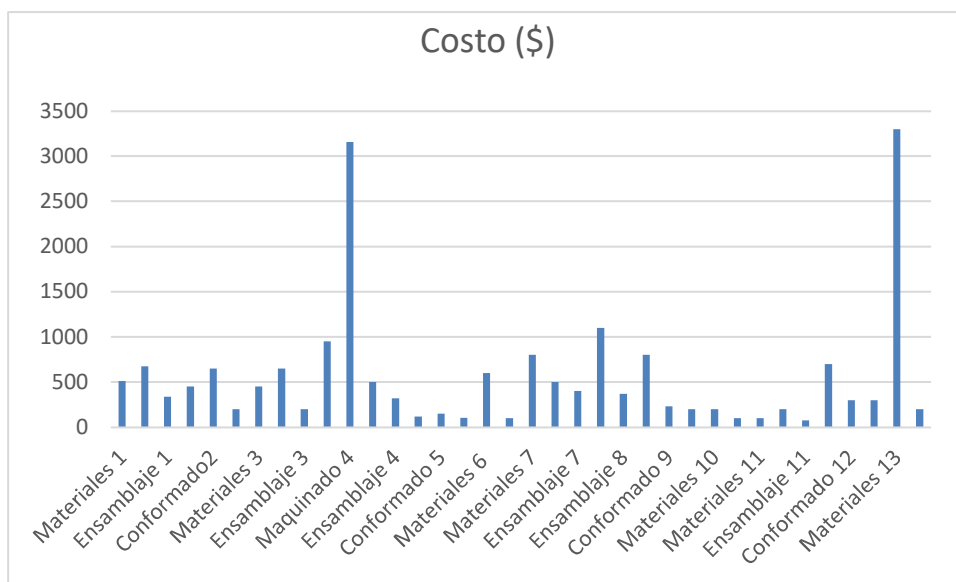


Figura V.6.- Costos de proceso fabricación de la trituradora

Se muestra la siguiente figura muestra los tiempos de la manufactura por partes de la trituradora.

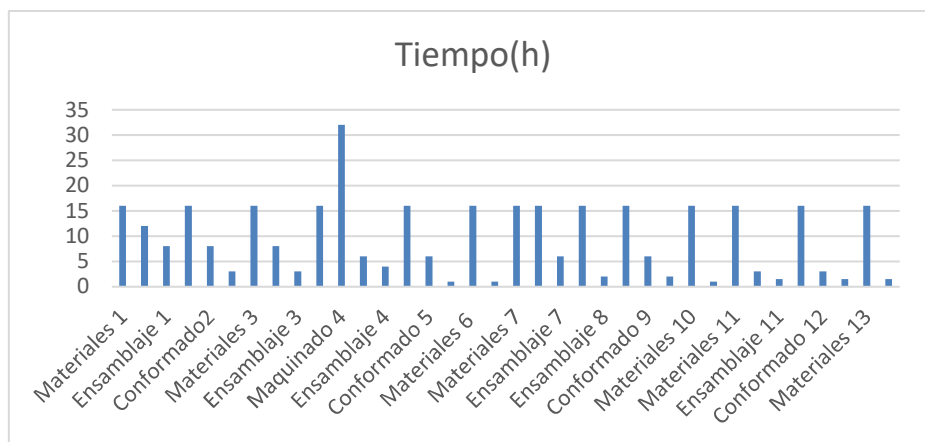


Figura V.7.- Tiempos de la manufactura por partes de la trituradora.

TablaV.38.- Se muestra el número de otorgado por elemento para el análisis en la extrusora

Número	Elemento
1	Tolva
2	Husillo
3	Cilindro
4	Boquilla
5	Poleas
6	Caja de Baleros
7	Correa
8	Resistencia Eléctrica
9	Estructura
10	Motor

Tabla V.39.- Se muestran los procesos que participan en la extrusora y el número de proceso de fabricación que corresponde

Proceso	Costo (\$)
Materiales 1	100
Conformado 1	150
Ensamblaje 1	100
Materiales 2	400
Maquinado 2	1100
Conformado 2	250

Ensamblaje 2	250
Materiales 3	500
Maquinado 3	850
Conformado 3	100
Ensamblaje 3	150
Materiales 4	100
Maquinado 4	150
Conformado 4	150
Ensamblaje 4	100
Materiales 5	150
Maquinado 5	300
Conformado 5	150
Ensamblaje5	100
Materiales 6	900
Ensamblaje 6	150
Materiales 7	200
Ensamblaje 7	100
Materiales 8	330
Ensamblaje 8	140
Materiales 9	150
Conformado 9	150
Ensamblaje 9	100
Materiales 10	700

Ensamblaje 10	100
----------------------	------------

Tabla V.40.- Se muestran los procesos que participan en la extrusora y el número de proceso de fabricación ordenados de menor a mayor tiempo

Proceso	Tiempo(h)
Ensamblaje 1	1
Ensamblaje 2	1
Conformado 3	1
Ensamblaje 3	1
Conformado 4	1
Ensamblaje 4	1
Ensamblaje5	1
Ensamblaje 6	1
Ensamblaje 8	1
Ensamblaje 10	1
Ensamblaje 9	1.5
Ensamblaje 7	2
Conformado 9	3
Conformado 1	4
Conformado 2	4
Conformado 5	4
Maquinado 4	6
Maquinado 5	12
Materiales 1	16

Materiales 2	16
Materiales 3	16
Materiales 4	16
Materiales 5	16
Materiales 6	16
Materiales 7	16
Materiales 8	16
Materiales 9	16
Materiales 10	16
Maquinado 3	20
Maquinado 2	24

TablaV.41.- Se muestran los procesos que participan en la extrusora y el número de proceso de fabricación ordenada de mayor a menor tiempo

Proceso	Tiempo(h)
Maquinado 2	24
Maquinado 3	20
Materiales 1	16
Materiales 2	16
Materiales 3	16
Materiales 4	16
Materiales 5	16
Materiales 6	16

Materiales 7	16
Materiales 8	16
Materiales 9	16
Materiales 10	16
Maquinado 5	12
Maquinado 4	6
Conformado 1	4
Conformado 2	4
Conformado 5	4
Conformado 9	3
Ensamblaje 7	2
Ensamblaje 9	1.5
Ensamblaje 1	1
Ensamblaje 2	1
Conformado 3	1
Ensamblaje 3	1
Conformado 4	1
Ensamblaje 4	1
Ensamblaje 5	1
Ensamblaje 6	1
Ensamblaje 8	1
Ensamblaje 10	1

Tabla V.42.- Costos de la manufactura y partes de la extrusora ordenada de mayor a menor

Proceso	Costo (\$)
Maquinado 2	1100
Materiales 6	900
Maquinado 3	850
Materiales 10	700
Materiales 3	500
Materiales 2	400
Materiales 8	330
Maquinado 5	300
Conformado 2	250
Ensamblaje 2	250
Materiales 7	200
Conformado 1	150
Ensamblaje 3	150
Maquinado 4	150
Conformado 4	150
Materiales 5	150
Conformado 5	150
Ensamblaje 6	150
Materiales 9	150
Conformado 9	150
Ensamblaje 8	140

Materiales 1	100
Ensamblaje 1	100
Conformado 3	100
Materiales 4	100
Ensamblaje 4	100
Ensamblaje5	100
Ensamblaje 7	100
Ensamblaje 9	100
Ensamblaje 10	100



Figura V.8.- Costo total de la manufactura de la extrusora.

Tabla V.43.- Costos de proceso de la extrusora ordenado de mayor a menor.

Proceso	Costo (\$)
Maquinado 2	1100

Materiales 6	900
Maquinado 3	850
Materiales 10	700
Materiales 3	500
Materiales 2	400
Materiales 8	330
Maquinado 5	300
Conformado 2	250
Ensamblaje 2	250
Materiales 7	200
Conformado 1	150
Ensamblaje 3	150
Maquinado 4	150
Conformado 4	150
Materiales 5	150
Conformado 5	150
Ensamblaje 6	150
Materiales 9	150
Conformado 9	150
Ensamblaje 8	140
Materiales 1	100
Ensamblaje 1	100
Conformado 3	100

Materiales 4	100
Ensamblaje 4	100
Ensamblaje5	100
Ensamblaje 7	100
Ensamblaje 9	100
Ensamblaje 10	100

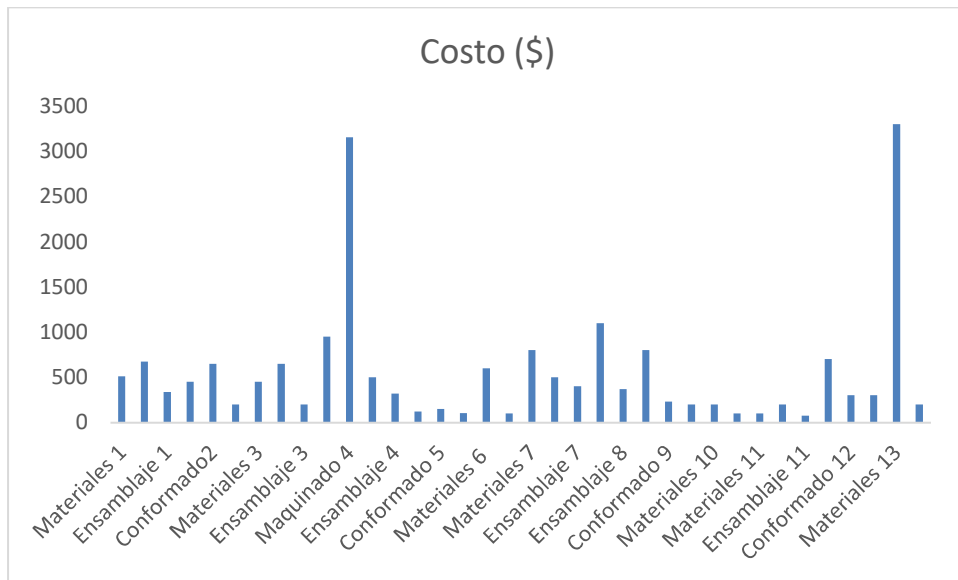


Figura V.9.-Costo total de la manufactura de la extrusora por proceso.

Tabla V.44.- Tiempos de la manufactura y partes de la extrusora ordenados de mayor a menor.

Proceso	Tiempo(h)
Maquinado 2	24
Maquinado 3	20
Materiales 1	16
Materiales 2	16

Materiales 3	16
Materiales 4	16
Materiales 5	16
Materiales 6	16
Materiales 7	16
Materiales 8	16
Materiales 9	16
Materiales 10	16
Maquinado 5	12
Maquinado 4	6
Conformado 1	4
Conformado 2	4
Conformado 5	4
Conformado 9	3
Ensamblaje 7	2
Ensamblaje 9	1.5
Ensamblaje 1	1
Ensamblaje 2	1
Conformado 3	1
Ensamblaje 3	1
Conformado 4	1
Ensamblaje 4	1
Ensamblaje5	1

Ensamblaje 6	1
Ensamblaje 8	1
Ensamblaje 10	1

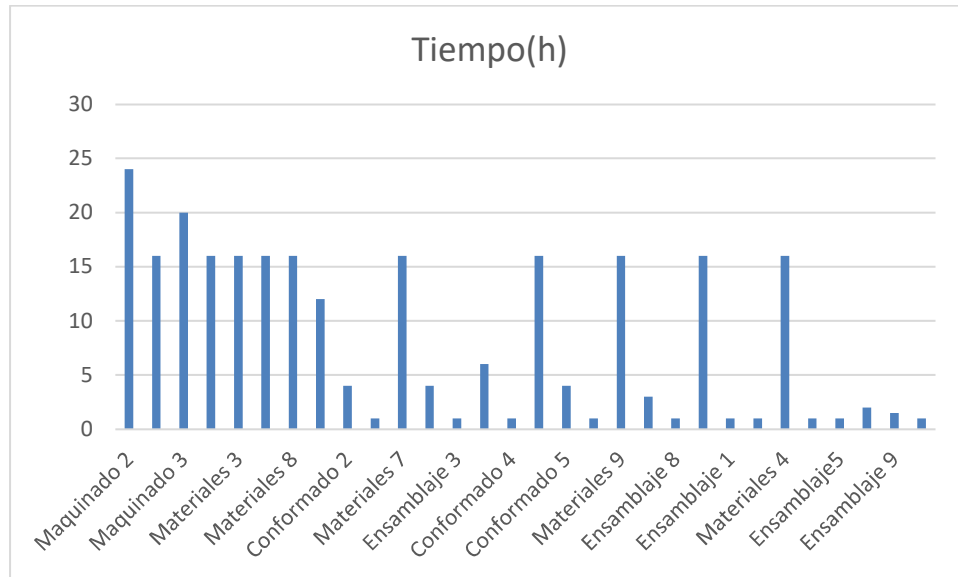


Figura V.10.-Costo total de la manufactura de la extrusora por proceso.

Costos de producción

Dadas las características de la maquina y para este caso en especial.

El costo de producción trituradora depende del costo de fabricación de convertir las botellas a hojuela.

A su vez este depende de la mano de obra y el costo de la luz y ambas dependen del tiempo y la capacidad de la máquina para realizar el proceso.

De los procesos dados del proceso de manufactura del material los cuales se ocupan en la siguiente tabla, pero esta vez se relacionarán con: los costos de procesos, el tiempo de proceso y su capacidad.

El dato del costo de mano de obra de se obtiene con respecto al salario mínimo que es igual a 123.22 el cual se divide sobre una jornada de 8 horas lo que es igual a 15.4025 en una hora.

A continuación, se muestran unas consideraciones en el costo ambas maquinas

Consideraciones del costo en los procesos de la trituradora:

1. Como el suministro es manual se toma el precio del salario mínimo (\$123.22 /8) el cual toma 3 minutos o bien (3/60) lo que es igual
2. Para la alimentación de la hojuela se tiene una cantidad de 1/9 del de energía eléctrica de KW/h (\$2.802)
3. Para la trituración se toma en cuenta el valor de 2/9 del costo de energía eléctrica por KW/h (\$2.802)
4. Para el tamizado se toma en cuenta el valor de 4/9 del costo de energía eléctrica por KW/h (\$2.802)
5. Para la obtención de la hojuela se toma en cuenta el valor de 2/9 del costo de energía eléctrica por KW/h (\$2.802)

Consideraciones del tiempo en los procesos de la trituradora:

1. El tiempo en alimentar 12.5 kg se tiene un tiempo de 10/60 de hora
2. El tiempo en obtener 12.5 kg de producción de corte de botellas es 15/60 de hora
3. El tiempo en obtener 12.5 kg de hojuela en el tamizado es de 25/60 de hora)
4. El tiempo en obtener 12.5 kg de hojuela es de 20/60 de hora

Dados el costo operativo para realizar la producción del bien, se ejemplifica el caso del cálculo del precio unitario en el que participan los recursos e insumos que se requieren como es el caso del operador y la energía eléctrica.

Se señala que por obviedad de la analítica y evaluación no se proporcionan todos los precios unitarios que participan en rendimientos mixtos de recursos e insumos varios sobre el tema de la fabricación las máquinas y producción de la barra redonda PEAD.

Tabla V.45.- Número otorgado a sus procesos según la máquina.

Maquina	Número Otorgado a sus procesos
Trituradora	1
Extrusora	2

Tabla V.46.- Costos de Producción de la hojuela de PEAD

Costos de Producción de la hojuela de PEAD											
Costo de mano de Obra											
Procesos	Costo (\$)	Cantidad	CT (\$)	Tiempo (3 min)	Características (capacidad kg)	Índice (CU/h)	Índice (h/\$)	Índice (\$/Kg)	Índice (Kg/\$)	Índice (h/Kg)	Índice (kg/h)
Suministro 1	15.4025	0.05	0.770125	0.1667	12.52	4.62075	0.21641508	0.06151158	16.2571011	0.01331203	75.12
Costo de luz por Procesos											
Procesos	Costo (\$)	Cantidad	CT (\$)	Tiempo(h)	Capacidad en (capacidad kg)	Índice (\$/h)	Índice (h/\$)	Índice (\$/Kg)	Índice (Kg/\$)	Índice (h/Kg)	Índice (kg/h)
Trituración 1	2.802	0.222222	0.6226667	0.25	12.52	2.49066667	0.40149893	0.04973376	20.1070664	0.01996805	50.08
Tamizado 1	2.802	0.444444	1.2453333	0.4167	12.52	2.9888	0.33458244	0.09946752	10.0535332	0.03328009	30.048

Hoju	2.8	0.222	0.622	0.333	12.52	1.868	0.535	0.049	20.10	0.026	37.
ela 1	02	2222	6666	33333			3319	7337	7066	6240	56
		2	7	3			1	6	4	7	

Tabla V.47.- Costos de Producción de la Barra de PEAD

Costos de Producción de Barra de PEAD											
Costo de mano de Obra											
Procesos	Costo unitario (CU) (\$)	Cantidad	CT (\$)	Tiempo (6 min)	Capacidad en (g)	Índice (C U/h)	Índice (h/\$)	Índice (\$/g)	Índice (g/\$)	Índice (h/g)	Índice (g/h)
Suministro2	15.4025	0.1	1.54025	0.0333333	207.74	46.2075	0.02164151	0.00741432	134.874209	0.00016046	6232.2
Costo de luz por Procesos											
Procesos	Costo (\$)		CU (\$)	Tiempo (6 min)		Índice (\$/h)	Índice (h/\$)	Índice (\$/Kg)	Índice (g/\$)	Índice (h/Kg)	Índice (kg/h)
Conformado 2	2.802	0.6666667	1.868	0.0333333	207.74	56.04	0.0178444	0.00899201	111.20985	0.00016046	6232.2

Forma	2.80	0.444	1.245	0.033	207.7	37.	0.026	0.005	166.8	0.000	62
do 2	2	44444	33333	33333	4	36	7666	99467	14775	16046	32.
											2

Tabla V.48.- Índices del costo de producción de la máquina de la maquina trituradora

Procesos	índice (CU/h)
Suministro1	4.62075
Tamizado1	2.9888
Trituración1	2.49066667
Hojuela1	1.868

Tabla V.49.- Numero y nombre del proceso de la obtención de la hojuela, con sus elementos y precios de elementos

Número	Nombres respectivos al proceso de la producción de la hojuela	Elemento	Costo total de manufactura del elemento
1	Suministro 1	Tolva	\$ 1,522.00
2	Trituración 1	Estructura	\$ 1,300.00
		Motor	\$ 3,500.00
		Alineador	\$ 400.00
		Cuchilla	\$ 1,300.00
		Eje	\$ 4,927.00
		Limites	\$ 375.00
		Alineador	\$ 400.00

		Caja de Trituración	\$ 1,700.00
		Chumacera	\$ 1,470.00
		Poleas	\$ 1,230.00
		Banda	\$ 300.00
		Caja de Trituración	\$ 1,700.00
		Chumacera	\$ 1,470.00
3	Tamizado 1	Tamiz	\$ 700.00
4	Hojuela 1	Tolva de salida	\$ 375.00

Tabla V.50.- Índices de producción de la maquina por el tiempo de la maquina extrusora

Procesos	índice (g/h)
Conformado2	6232.2
Suministro2	6232.2
Formado2	6232.2

Tabla V.51.- Índices de producción de la máquina de la maquina extrusora

Procesos	índice (CU/h)
Conformado2	56.04
Suministro2	46.2075
Formado2	37.36

Tabla V.52.- Numero y nombre del proceso de la obtención del bien, con sus elementos y precios de elementos

Número	Nombres respectivos al proceso de la producción de la barra de PEAD	Elemento	Costo total de manufactura del elemento
1	Suministro2	Tolva	\$350.00
2	Conformado2	Husillo	\$2,000.00
		Cilindro	\$1,600.00
		Poleas	\$700.00
		Caja de Baleros	\$1,050.00
		Correa	\$300.00
		Resistencia Eléctrica	\$470.00
		Estructura	\$400.00
	Motor	\$800.00	
3	Formado2	Boquilla	\$500.00

Tabla V.53.- Elementos que participan en el proceso de producción de la hojuela

Procesos	índice (kg/h)
Suministro1	75.12
Trituración1	50.08
Hojuela1	37.56

Tamizado1	30.048
------------------	---------------

Características: Con base en todas las tablas y los diagramas anteriores respectivos;

A. Para la fabricación de la maquina:

- El costo del elemento de la trituradora más elevado es eje
- El costo del elemento de la trituradora menos elevado es la banda
- El tiempo del elemento de la trituradora más elevado es el eje
- El tiempo del elemento menor de la trituradora es el tamiz
- El costo del elemento mayor de la extrusora es el husillo
- El costo del elemento menor de la extrusora es la correa
- El tiempo del elemento mayor de la extrusora es el husillo
- El tiempo del elemento menor de la extrusora es la caja de baleros

B. Para la producción:

- El costo del proceso de la trituradora más elevado el suministro
- El costo del proceso de la trituradora menos elevado es la hojuela
- La producción del proceso de la trituradora más elevada es el suministro
- La producción del proceso de la trituradora menos elevada es el tamizado
- El costo del proceso de la extrusora más elevado el suministro
- El costo del proceso de la extrusora menos elevado es la hojuela
- La producción es la misma en la maquina ya que el material está en flujo constante

Costo/Beneficio de la Trituradora

Con base en las características se puede deducir el costo/beneficios de la máquina con los siguientes puntos:

- El proceso con mayor costo/beneficio es el de la trituración ya que un que es el más caro se recompensa con los Kg/h que produce
- El proceso con menor costo beneficio es el del proceso de tamizado

Costo/Beneficio de la Extrusora

Con base a lo anterior a lo anterior se puede deducir el costo/beneficios de la máquina con los siguientes puntos:

- El proceso que presenta menor costo de producción beneficio es el Formado2 que corresponde a la boquilla
- El proceso que presenta menor costo con relación al índice de costo por hora según la tabla es el conformado, pero como es el que realiza la mayor parte de trabajo para este caso en específico puede ser neutral.

Costo Real

Los costos de esta sección sirven para evaluar el emprendimiento de una empresa si así se requiere, dada la factibilidad de la solución planteada.

A continuación: se muestra un mapa conceptual en orden del proceso de la participación de los costos reales requeridos para los estudios correspondientes que garanticen el emprendimiento a razón de su alcance para ello habrá que realizar los siguientes estudios, además del estudio de mercado.

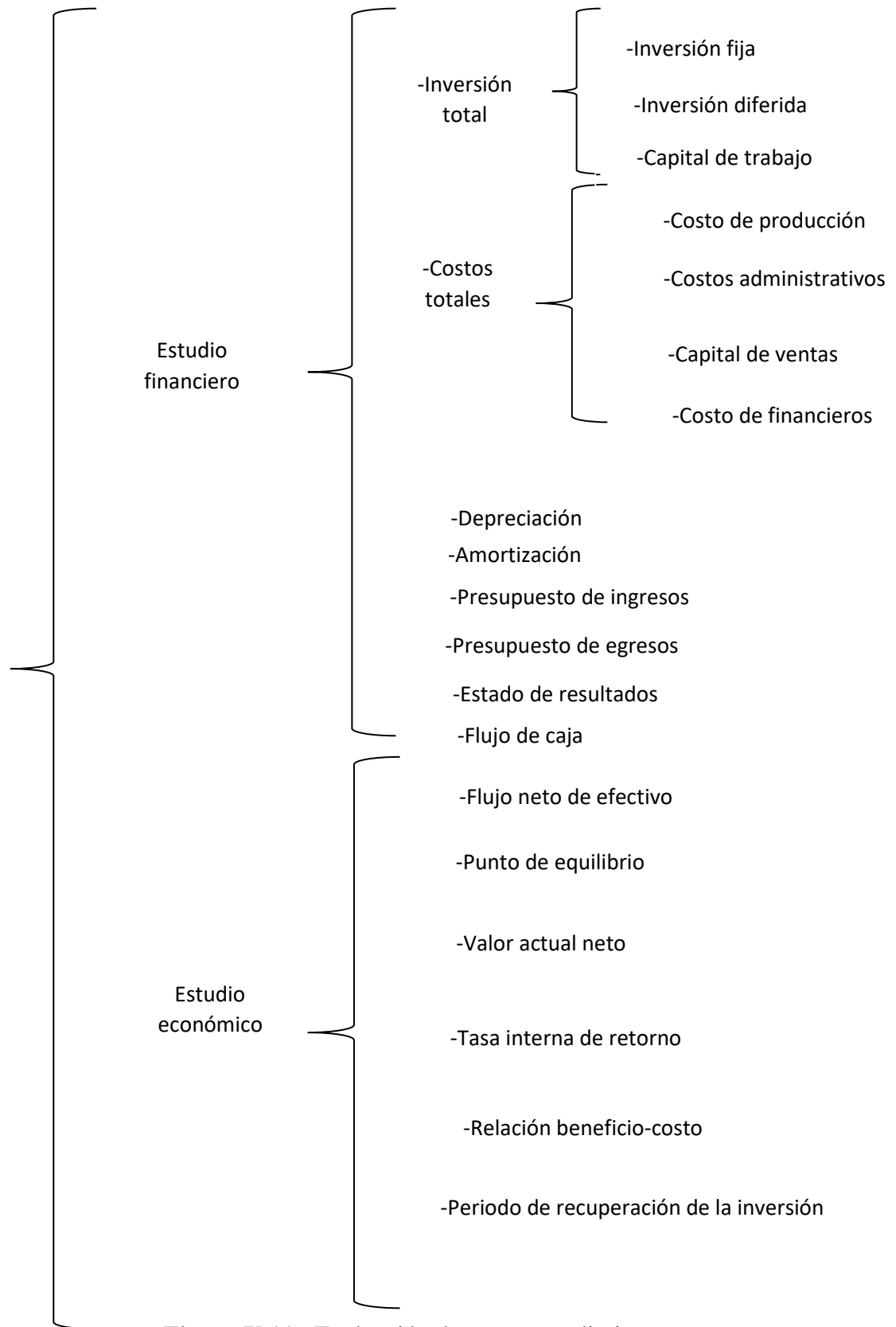


Figura V.11.- Evaluación de un emprendimiento

V.8.-SUMARIO

Retomando el análisis preliminar con respecto a la utilidad que nos puede representar el utilizar las máquinas para producir el bien con base a los costos de PEAD como insumo y de la barra de PEAD como producto terminado a la venta se determina que es factible esta solución ya que genera dinero y produce el retorno de la inversión en poco tiempo.

Reiterando el antecedente se muestra lo siguiente:

Como se mostró en el cálculo de la utilidad preliminarmente motivo de la terea que trajo la solución se reitera e incluye dada su importancia además de la contaminación ambiental presente:

Tomando en cuenta que el costo de un kilogramo de chatarra PEAD es de \$8 [V.4] por kg en su mejor costo y que una vez pasando por la trituradora se obtienen dos productos:

- a) el triturado multicolor lavado con valor de \$11 a partir de una compra mínima de 500 kg y
- b) el triturado natural lavado cuyo precio es de \$13.50,

HDPE multicolor lavado \$11.00

HDPE natural lavado \$13.50 [V.5]

Y teniendo en cuenta que el costo del monofilamento tiene un valor de 7.95 € (8) es decir \$ 96.565 [V.6] lo cual implica una variación de su precio inicial de \$8.00 a \$11.00 y \$13.50 hasta el precio final del producto \$96.565 con una diferencia de \$88.565 suponiendo que se vende una tonelada diaria arroja un valor de \$96,565 multiplicado por 6 días de la semana es igual \$579390 y al mes representa un valor de \$2317560 a esto se le tiene que restar el costo de venta que es de $\$8000 * 6 \text{ días} * 4 \text{ semanas} = \$192,000$ al mes, lo cual indica una utilidad bruta de ventas- Costo de ventas= \$2125560, a esta cantidad hay que restar los costos de operación (salarios, renta, agua, luz, depreciación, etc.). suponiendo que este valor sea igual a \$ 311,280.00 de gastos operativos. Lo cual nos da una utilidad antes de impuestos de \$1,814,280, a esta cantidad hay que restarle los impuestos (aproximadamente el 30%) = $\$1,814,280 - \544284 lo que da aproximadamente la utilidad neta = \$1269996 Tomando en cuenta lo anterior se puede decir que es viable el proyecto de la recuperación.

Suponiendo que la producción de ambas máquinas sea una cantidad de $1/n$ entonces se requerirá de n máquinas, para la sumatoria de las $1/n$ llegue a producir una tonelada o el valor requerido. O

con los criterios planteados y utilizados rediseñar al tamaño requerido para satisfacer la producción que se demande.

Con base en el criterio para el caso de la solución planteada se calcula la utilidad y el retorno de inversión.

Costo de insumo (7.95 € /2Kg) =(96.565\$/kg)

Gramos por el número de barras =No de barras 25 barras de 80g = 2000 g

Euros a pesos

Consideraciones de cálculo:

Costo de productivo de la extrusora y la trituradora = (\$5.604)

Costo de operación= (0.642398287+ 4.62075)

Costo del reproceso de PEAD=Suma de Costo de productivo+ Costo de operación

Costo del reproceso= (\$5.604) + (\$5.263) = \$10.867/h de ambas maquinas

Producción por hora de ambas maquinas = 30.048 Kg /h

Costo al mercado de la barra de PEAD =\$ 96.565/Kg

Utilidad bruta por hora = Costo al mercado de la barra de PEAD* Producción por hora de ambas maquinas

Utilidad bruta por hora =\$ 96.565/Kg*30.048 Kg /h =2901.5851 \$/h

Utilidad bruta por día o jornada =\$ 96.565/Kg*30.048 Kg /h*8 =2901.5851 \$/h*8=\$23212.68

Retorno de inversión por mes 30 d / \$27,269=1.111 días

En consecuencia, la idea puede ser merecedora del emprendimiento.

V.9.-REFERENCIAS

- 1.- Jorge Luis Castillo Tufiño, *Fundamentos de la Ingeniería de Costos*, Ed. Trillas.2014, pp:117-118.
- 2.- *Revoluciones Por Minuto Para Las Muelas De Esmeril* [Internet], Ed.Mahtg.com., 2016, [citado el 5/12/2020]. Disponible en: <https://www.metalmecanica-facil.mahtg.com/rpm/>
- 3.- *Índice Nacional de Precios al Consumidor (INPC)*, Ed. Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), 2020.
- 4.-*Precio de Chatarra, Empresa de Compraventa de Chatarra en México*, Ed. Supraciclaje, 2020.
- 5.-*Comprar Hdpe Multicolor*, Ed. solostocks. 2020.
- 6.- az-reptec, *Alambre de Soldadura de Plástico PE-HD 4mm Redondo Amarillo (RAL1018) HDPE 25 Barra*, Ed. Amazon, 2020.

CONCLUSIONES

VII. CONCLUSIONES

El presente trabajo constata que existe un nicho de mercado rentable que distingue al proceso productivo del producto terminado a diferencia de la fabricación de las maquinas; planteadas también como otra solución. Por lo cual; solo se habrá que adecuar la capacidad productiva de las maquinas en relación con la demanda del residuo existente que presente la zona en la que se operará para realizar el negocio y garantizar el éxito esperado estimado.

Ing. Orlando Barrios Chávez, Ciudad de México, 10/09/2022.

VII. TRABAJOS FUTUROS

Una vez que se distingue como mejor opción de su nicho de mercado, la producción del bien; se procede al emprendimiento de esta solución, cuyos aspectos prevalecientes que se tomaran en cuenta son los que corresponden a la Imagen: Figura V.2. para que se garantice el desarrollo de la empresa y el éxito del retorno de su inversión, así como su crecimiento.

En cuanto a la transferencia tecnológica y su desarrollo (productiva y administrativa): la automatización, para incrementar su producción, efectividad, el abasto de energía (autónomas: basadas en renovables) contaminación, la expansión industrial a los lugares que requieran la solución para aminorar la contaminación de PEAD, etc.